



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής
και Αγροτικού Περιβάλλοντος

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Αυτοματισμοί στις Αρδεύσεις, τις Γεωργικές
Κατασκευές και στην Εκμηχάνιση της Γεωργίας»

Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής
Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
«Αποτελέσματα της ανάπτυξης του φυτού ΄΄Τσάι
του Βουνού΄΄ σε χαμηλό υψόμετρο με την
εφαρμογή άρδευσης (τρίτη καλλιεργητική
περίοδος)»

Φιλίππου Κική

Βόλος, 2018

«Αποτελέσματα της ανάπτυξης του φυτού " Τσάι του Βουνού" σε χαμηλό υψόμετρο με την εφαρμογή άρδευσης (τρίτη καλλιεργητική περίοδος)»

«Effects of plant growth "Mountain Tea" at low altitude with irrigation application (third growing season)»

ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ :

1. **ΜΑΡΙΑ ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ-ΜΑΚΡΑΝΤΩΝΑΚΗ, Επιβλέπουσα.** Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
2. **ΒΑΣΙΛΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ.** Επίκουρος καθηγητής του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
3. **ΑΝΕΣΤΗΣ ΚΑΡΚΑΝΗΣ.** Επίκουρος καθηγητής του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αποτέλεσε μέρος μιας τριετούς έρευνας του εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής και πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Αυτοματισμοί στις Αρδεύσεις, τις Γεωργικές Κατασκευές και στην Εκμηχάνιση της Γεωργίας» του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ο πειραματικός αγρός στον οποίο έγινε η φύτευση και καλλιέργεια του φυτού «Τσάι του Βουνού» βρίσκεται στο Βελεστίνο, ενώ οι μετρήσεις των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών πραγματοποιήθηκαν στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, κυρία Μαρία Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη για την ανάθεση του θέματος καθώς επίσης και για την οργάνωση, αξιολόγηση και διόρθωση της διατριβής μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Αντωνιάδη Βασίλη, επίκουρο καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και Καρκάνη Ανέστη, επίκουρο καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, μέλη της τριμελούς επιτροπής, για την διόρθωση και αξιολόγηση της διατριβής μου.

Οφείλω επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Γιουβάνη Βασίλη, Διδάκτορα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε σε όλη τη διάρκεια του πειράματος καθώς επίσης και τις διορθώσεις που κατά καιρούς μου έκανε.

Αισθάνομαι επίσης την ανάγκη να ευχαριστήσω την κ. Βογιατζή-Ελένη Καμβούκου, επίκουρο καθηγήτρια στο ΤΕΙ Λάρισας και υπεύθυνη του εργαστηρίου Αρωματικών-Ελαιούχων και Φαρμακευτικών φυτών για τη βοήθεια που μας πρόσφερε κατά τη διάρκεια των ποιοτικών αναλύσεων του τσαγιού.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την συνεχή συμπαράσταση και στήριξη που μου έδειξε τα δύο αυτά χρόνια.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της πλήρης και ελλειμματικής άρδευσης στην καλλιέργεια του φυτού «τσάι του βουνού» στον Θεσσαλικό κάμπο, όσον αφορά τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Αξίζει να αναφερθεί ότι η μεταπτυχιακή διατριβή ήταν μέρος μιας ευρύτερης έρευνας η οποία βρίσκεται στον τρίτο χρόνο διεξαγωγής της και περιλάμβανε ένα πλήρες τυχαιοποιημένο σχέδιο με 4 μεταχειρίσεις σε 3 επαναλήψεις. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη μεταχείριση περιλάμβανε δόση άρδευσης 0% και θεωρήθηκε ως μάρτυρας, η δεύτερη μεταχείριση περιλάμβανε δόση άρδευσης 50%, η τρίτη 75% και η τέταρτη 100%). Στην συγκεκριμένη διατριβή μελετήθηκαν 3 από τις 4 μεταχειρίσεις (1^η δόση άρδευσης με την οποία δεν καλύπτονται οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό, 3^η δόση άρδευσης στην οποία καλύπτεται το 75% των αναγκών σε νερό και 4^η δόση άρδευσης στην οποία καλύπτεται το 100% των αναγκών σε νερό. Ο προσδιορισμός της αναγκαίας ποσότητας νερού που χορηγήθηκε στην καλλιέργεια (4^η μεταχείριση 100% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας, έγινε με βάση την εξαμυσοδιαπνοή αναφοράς (ET₀), η οποία υπολογίσθηκε σύμφωνα με την εξίσωση FAO–56 Penman-Monteit. Για την άρδευση του πειραματικού αγροτεμαχίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης η οποία εγκαταστάθηκε στις 24 Μαρτίου του 2015.

Μετά το πέρας της καλλιεργητικής περιόδου πραγματοποιήθηκαν κάποιες μετρήσεις οι οποίες αφορούσαν ποσοτικά χαρακτηριστικά, όπως το ύψος των φυτών, την απόδοση της καλλιέργειας (σε χλωρό και ξηρό βάρος) καθώς και ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών. Η αποτελεσματικότητα χρήσης νερού (WUE) εκτιμήθηκε με βάση το δείκτη της αποτελεσματικότητας χρήσης αρδευτικού νερού (Iwue).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, όλες οι μεταχειρίσεις στις οποίες έγινε εφαρμογή άρδευσης υπερείχαν σε σχέση με τη μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση, τόσο ως προς το ύψος, όσο και ως προς την απόδοση σε χλωρό και ξηρό βάρος, ενώ ο δείκτης Iwue έδειξε ότι η εφαρμογή άρδευσης στο 75% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, δίνει καλύτερα αποτελέσματα.

Λέξεις κλειδιά: Αυτοματοποιημένη άρδευση, εξατμισοδιαπνοή αναφοράς, χαρακτηριστικά φυτών, απόδοση καλλιέργειας, στάγδην άρδευση, τσάι του βουνού, μεταχειρίσεις άρδευσης.

Abstract

This postgraduate work aims to clarify the effect of complete and deficit irrigation on the quantitative and quality characteristics of the mountain tea plant, cultivated on Thessaly plain. The research took place at the 'University of Thessaly' Farm, at Velestino village. It is worth mentioning that this postgraduate was part from a wider research (third growing season) in which four different irrigation treatments were applied, including three repetitions for each one. More specifically, The first treatment was not incorporated in the application of irrigation and was identified as a control sample. The second, third and fourth treatment were applied irrigation at 50%, 75%, 100% of the water needs respectively. The amount of water applied to the treatment, which corresponds to the 100% of water needs, was based on the evapotranspiration reference (ET₀), which is calculated according to the equation FAO-56 Penman-Monteith. The irrigation system was installed on the 24th of March 2015 and the method used was drip irrigation.

In the end of the growing season, measurements which took into consideration were quantitative characteristics of plants, such as plants' height and crop yield (in dry and verdant weight) and quality characteristics of plants. Water Efficiency (WUE) was estimated based on the irrigation water efficiency index (IWUE).

According to the results, treatments which were under application of irrigation were more efficient than the control sample, considering growth (height and yield in both dry and verdant weight). It should also be noticed that the IWUE showed that the application of irrigation including 75% of the water culture needs seems to give better results.

Key Words: Automated irrigation, reference evapotranspiration, plant's characteristics, crop yield, drip irrigation, mountain tea, irrigation treatments.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	4
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	9
1. Εισαγωγικά Στοιχεία.....	9
1.1 Τσάι του Βουνού.....	
1.1.1 Γενικά Στοιχεία.....	9
1.1.2 Ιστορικά Στοιχεία.....	10
1.1.3 Βοτανική Ταξινόμηση και Περιγραφή.....	11
1.1.4 Οικολογία – Προσαρμοστικότητα.....	13
1.1.5 Χημική Σύνθεση.....	14
1.1.6 Ιδιότητες Χρήσεις.....	17
1.1.7 Καλλιέργεια του Τσαγιού.....	19
1.1.7.1 Πολλαπλασιασμός.....	19
1.1.7.2 Φύτευση.....	19
1.1.7.3 Καλλιεργητικές Φροντίδες.....	20
1.1.7.4 Λίπανση.....	21
1.1.7.5 Ζιζανιοκτονία.....	21
1.1.7.6 Συγκομιδή.....	21
1.1.7.7 Εχθροί και Ασθένειες.....	22
1.1.7.8 Αποδόσεις.....	22
1.1.7.9 Κόστος καλλιέργειας.....	23
1.2 Άρδευση.....	23
1.2.1 Το νερό και η προέλευσή του.....	23
1.2.2 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και η κατανομή τους στην Ελλάδα.....	24
1.2.3 Κατανομή υδατικών πόρων και αειφόρος διαχείριση του νερού στη γεωργία.....	26
1.2.4 Το διαθέσιμο στις καλλιέργειες εδαφικό νερό.....	27
1.2.5 Η ωφέλιμη για τις καλλιέργειες υγρασία του εδάφους.....	29
1.2.5.1 Η υδατοϊκανότητα του εδάφους.....	30
1.2.5.2 Το σημείο μόνιμης μάρανσης.....	30
1.2.5.3 Το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους.....	31
1.2.5.4 Το ριζικό σύστημα των καλλιεργειών.....	31
1.2.5.5 Η διαθέσιμη και η ωφέλιμη στις καλλιέργειες υγρασία.....	32
1.2.6 Οι ανάγκες μιας καλλιέργειας σε νερό.....	32
1.2.7.1 Εξατμισοδιαπνοή.....	33
1.2.7.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή.....	33
1.2.7.3 Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής.....	35
1.2.7.4 Υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής.....	36

1.2.8 Άρδευση των καλλιεργειών.....	36
1.2.9 Μέθοδοι άρδευσης.....	36
1.2.9.1 Στάγδην άρδευση ή άρδευση με σταγόνες.....	37
Κεφάλαιο 2. Υλικά & Μέθοδοι.....	39
2.1 Πειραματικός Αγρός.....	39
2.2 Διάταξη του πειραματικού αγρού – Μεταχειρίσεις.....	39
2.3 Καλλιεργητικές εργασίες.....	40
2.4 Σύστημα άρδευσης.....	42
2.5 Υπολογισμός των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.....	44
2.6 Συγκομιδή του τσαγιού.....	49
2.7 Ξήρανση.....	50
2.8 Μετρήσεις.....	51
2.8.1 Μέτρηση ύψους.....	52
2.8.2 Μέτρηση χλωρού - Ξηρού Βάρους.....	52
2.8.3 Ανάλυση ποιοτικών χαρακτηριστικών.....	53
2.9 Στατιστική Ανάλυση.....	53
Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα & Συζήτηση.....	55
3.1 Μετεωρολογικά Δεδομένα.....	55
3.2 Ποσοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας.....	56
3.2.1 Ύψος φυτών.....	56
3.2.2 Χλωρό Βάρος Φυτών.....	58
3.2.3 Ξηρό Βάρος Φυτών.....	60
3.3 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά της καλλιέργειας.....	62
Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα.....	64
Βιβλιογραφία.....	67
Παραρτήματα.....	76
Στατιστική Ανάλυση.....	82

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Εισαγωγικά Στοιχεία

1.1 ΤΣΑΙ ΤΟΥ ΒΟΥΝΟΥ

1.1.1 Γενικά στοιχεία

Το Τσάι του Βουνού με επιστημονικό όνομα *Sideritis spp* ανήκει στην οικογένεια των Χειλανθών *Lamiaceae* και στο γένος *Sideritis*. Το γένος *Sideritis L.* περιλαμβάνει περίπου 150 είδη και υποείδη αποτελούμενα από ποώδη ετήσια, πολυετή ή μικρούς θάμνους (Gonzalez-Burgos E. et al., 2011). Ευδοκιμούν σε παραμεσόγειες περιοχές όπως Ισπανία, Ιταλία, Γαλλία, Ελβετία, στην Κύπρο, στη Μικρά Ασία, στον Καύκασο και στα παράλια της Βορείου Αμερικής. Μερικά είδη του γένους απαντούν επίσης στο Μεξικό, στο Περού και στην Ιαπωνία. Η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα πλούσια σε ενδημικά είδη του φυτού και μάλιστα ποικίλλοντα κατά διαμερίσματα από τη Μακεδονία μέχρι την Κρήτη και σε υψόμετρο που κυμαίνεται από 500 έως 2000 μέτρα. Πρόκειται για αρωματικά φυτά τα οποία είναι από την αρχαιότητα ευρέως γνωστά για τις φαρμακευτικές τους ιδιότητες.

Το Ελληνικό Τσάι του Βουνού ή αλλιώς Σιδηρίτις αυτοφύεται σχεδόν αποκλειστικά σε ορεινές περιοχές και αποτελείται από περίπου 17 είδη. Οι ξηροί ανθοφόροι βλαστοί του χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ροφήματος λόγω της ευεργετικής του επίδρασης σε κρυολογήματα και φλεγμονές του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος. Οι φαρμακευτικές του ιδιότητες οφείλονται κυρίως στην παρουσία αιθερίων ελαίων και κυρίως φλαβονοειδών ενώ θεωρείται ευστόμαχο, εφιδρωτικό, τονωτικό, αντιερεθιστικό και αντιανεμικό διότι περιέχει Fe (Aligiannis et al., Floca et al., 1981, 2001, Gabrieli et al., 2005).

Στην Ελλάδα συλλέγονται κάθε χρόνο περίπου 75 τόνοι από αυτοφυή φυτά για ιδιοκατανάλωση και εμπορία, θέτοντας έτσι σε κίνδυνο αρκετούς πληθυσμούς. Η αυξημένη όμως κατανάλωση τις τελευταίες δεκαετίες οδήγησε τους παραγωγούς να καλλιεργήσουν το Τσάι πιο εντατικά δεδομένου ότι η εγχώρια αγορά απορροφά κάθε χρόνο γύρω στους 150 τόνους ξηρού προϊόντος (Titel, 2003).

1.1.2. Ιστορικά Στοιχεία

Είναι φυτό γνωστό από την αρχαιότητα. Το όνομα Σιδηρίτις αναφέρεται από αρχαίους συγγραφείς και προέρχεται κατά μία μεν εκδοχή από την ικανότητα του φυτού να θεραπεύει πληγές που προκαλούνται από σιδερένια αντικείμενα, κατά άλλους δε από τα δόντια του κάλυκα που έχουν σχήμα αιχμής λόγχης. Μία νεότερη εκδοχή είναι ότι το όνομα σιδηρίτης προέρχεται από την σχετικά μεγάλη ποσότητα σιδήρου που περιέχει το φυτό (González-Burgos et al., 2011, Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016). Ο πρώτος που περιέγραψε τα είδη του γένους *Sideritis* ήταν ο Λινναίος, αν και το Ελληνικό τσάι ήταν γνωστό από την αρχαιότητα και αναφέρεται από το Θεόφραστο (372-287 π.Χ.), αλλά και τον Διοσκουρίδη (10 μ.Χ.). Στο έργο του “De Materia Medica” ο Διοσκουρίδης περιγράφει τρία είδη σιδηρίτη, τα οποία σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές δεν αντιστοιχούν σε είδη του γένους *Sideritis* (González-Burgos et al., 2011).

Παλαιότερα το τσάι του βουνού θεωρείτο ως μελισσοτροφικό φυτό και μόνο μικρές ποσότητες μαζεύονταν από τους κατοίκους των ορεινών περιοχών, τις οποίες χρησιμοποιούσαν ως αφεψήματα. Μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο πολλοί κάτοικοι των ορεινών περιοχών διέδωσαν την χρησιμοποίησή του στον αστικό πληθυσμό με την εκεί μετακίνησή τους, οπότε άρχισε να αυξάνει η κατανάλωση. Με την αύξηση της κατανάλωσης, αυξήθηκε και η τιμή του. Με τη σειρά τους οι χωρικοί για να ανταποκριθούν στην αυξημένη ζήτηση, άρχισαν να συλλέγουν κατώτερο ποιοτικά προϊόν, ενώ αρκετοί πληθυσμοί φυτών εκριζώνονται και καταστρέφονται. Έτσι, ήταν πια αναπόφευκτη η έναρξη της εντατικότερης καλλιέργειάς του.

Η καλλιέργεια ξεκίνησε από τους Κοκκωτούς Μαγνησίας το 1967 και αργότερα επεκτάθηκε και στα γύρω χωριά. Σήμερα το Τσάι του βουνού καλλιεργείται σε 3000 περίπου στρέμματα στα χωριά Κοκκωτοί, Άγιος Ιωάννης, Βρύναινα και Κουφοί που βρίσκονται στο βουνό Όρθρυς του Νομού Μαγνησίας καθώς και στη Μεταμόρφωση του Νομού Κοζάνης (Γκόλιαρης, 1984). Η παραγωγή κυμαίνεται στους 150-180 τόνους ξηρού βάρους ετησίως και απορροφάται από την εγχώρια αγορά. Το φυτό που καλλιεργείται είναι το ***Sideritis raeseri Boiss & Heldz.***

Τα τελευταία χρόνια, παράλληλα με τη συστηματική καλλιέργεια του τσαγιού, οι επιστήμονες κάνουν προσπάθειες για βελτίωση των ποικιλιών και αναζήτηση νέων γενοτύπων. Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκαν διειδικά υβρίδια, υπέρτερα σε απόδοση και ποιότητα από τους τοπικούς πληθυσμούς, προκειμένου να καλλιεργηθούν και να αξιοποιήσουν τις φτωχές ημιορεινές περιοχές της χώρας μας.

1.1.3. Βοτανική Ταξινόμηση και Περιγραφή

Το τσάι του βουνού ανήκει στην οικογένεια των χειλανθών (*Lamiaceae*) και στο γένος *Sideritis*, το οποίο περιλαμβάνει πάνω από 150 είδη, που διανέμονται σε εύκρατες και τροπικές περιοχές του Βόρειου Ημισφαιρίου, από Μπαχάμες προς τη Δυτική Κίνα και από τη Γερμανία στο Μαρόκο. Τα περισσότερα είδη βρίσκονται κυρίως στην περιοχή της Μεσογείου, από τις Κανάριες Νήσους και τη Μαδέρα μέχρι τον Καύκασο. Η Ισπανία και η Τουρκία διαθέτουν τον μεγαλύτερο αριθμό των διαφορετικών ειδών. Στην Ισπανία τα περισσότερα από αυτά τα είδη κατανέμονται στο Νοτιοανατολικό τμήμα της Ιβηρικής χερσονήσου και των Κανάριων Νήσων, ενώ στην Τουρκία εντοπίζονται κυρίως στις περιοχές του Μαρμαρά και του Αιγαίου (Gonzalez-Burgos et al. 2011).

Στην Ελλάδα εντοπίζονται 17 διαφορετικά αυτοφυή είδη του γένους *Sideritis*, με κύριο χαρακτηριστικό των ειδών αυτών ότι πρόκειται για φυτά ιδιαίτερα ανθεκτικά στην ξηρασία και στις χαμηλές θερμοκρασίες, προσαρμοσμένα για να επιβιώνουν σε πετρώδη εδάφη, ηλιόλουστα, με μεγάλη κλίση, όπου ελάχιστα είδη φυτών θα μπορούσαν να επιβιώσουν και απαντώνται σε υψόμετρα συνήθως άνω των 1.000 m (Γκόλιαρης, 1984; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016). Τα σπουδαιότερα αυτοφυή είδη σιδερίτη στην Ελλάδα είναι:

- i. *Sideritis athoa*: Κοινώς λέγεται και τσάι βλάχικο ή τσάι του Άθω. Είναι αυτοφύες στο βουνό Άθως, στην Πίνδο και στο βουνό της Σαμοθράκης. Είναι πολυετής πόα ύψους μέχρι 40 εκ. που καλύπτεται ολόκληρη από μικρές αδενώδεις τρίχες. Ο βλαστός είναι όρθιος, απλός ή διακλαδισμένος και ξυλώδης στη βάση του. Τα φύλλα είναι λογχοειδή.

- Τα άνθη είναι κίτρινου χρώματος και ο κάλυκας είναι κωδωνοειδής. Συνώνυμο του είδους αυτού είναι το *S. perfoliata* L.
- ii. *Sideritis clandestine*: Λέγεται και τσάι του Μαλεβού ή τσάι του Ταυγέτου. Είναι πολυετής πόα ύψους μέχρι 40 εκ. ο βλαστός του είναι απλός ή διακλαδισμένος και τα φύλλα χνουδωτά, σταχτόχροα, επιμήκη-λογχοειδή, ακέραια ή πριονωτά, τα κατώτερα με μίσχο και τα ανώτερα επιφυή ή με μίσχο. Τα άνθη είναι κίτρινου χρώματος. Ο κάλυκας είναι κωδωνοειδής και σκεπάζεται από πυκνές τρίχες. Αυτοφύεται σε βράχους σε υπαλπικές και αλπικές περιοχές του Μαλεβού, του Ταυγέτου και της Κυλήνης
 - iii. *Sideritis euboica*: Λέγεται και τσάι της Ευβοίας ή τσάι από το Δέλφι. Είναι πολυετής πόα ύψους 30-50 εκ. με πυκνό και λευκό χνούδι σε όλα τα μέρη του. Ο βλαστός που είναι ξυλώδης στη βάση, είναι ισχυρός, απλός ή μερικές φορές διακλαδισμένος. Τα φύλλα είναι επιμήκη. Τα άνθη είναι κίτρινου χρώματος. Ο κάλυκας είναι σωληνοειδής που καταλήγει σε δόντια και έχει χνούδι. Αυτοφύεται στην Εύβοια και κυρίως στα βουνά Δίρφου σε υψόμετρο 1000-1500 μ. (Διάσελο, Σκοτεινή, Σέτα, Στρόπωνες, Μετόχι και αλλού), Ξεροβούνι σε υψόμετρο 1400μ. και στην Όχη.
 - iv. *Sideritis raeseri*: Κοινώς λέγεται και τσάι του Παρνασσού ή τσάι του Βελουχιού. Είναι πολυετής πόα ύψους μέχρι 40 εκ. Ο βλαστός λεπτός, χνουδής, απλός και σπάνια διακλαδισμένος. Τα φύλλα είναι λογχοειδή. Έχει άνθη κίτρινου χρώματος ενώ ο κάλυκας του καταλήγει σε δόντια. Αυτοφύεται στον Παρνασσό, Τυμφρηστό (Βελούχι) και σε άλλα βουνά της Αιτωλίας και Φθιώτιδας και καλλιεργείται στο Ν. Μαγνησίας (χωριό Βρύναινα).
 - v. *Sideritis scardiaca*: Κοινώς λέγεται τσάι του Ολύμπου. Είναι πολυετής πόα. Ο βλαστός του στη βάση είναι ξυλώδης και είναι απλός ή διακλαδισμένος. Τα φύλλα είναι λογχοειδή, ακέραια ή ελαφρώς πριονωτά, με λευκό χνούδι. Τα άνθη είναι κίτρινου χρώματος. Ο κάλυκας είναι κωδωνοειδής και σκεπάζεται από πυκνές τρίχες. Αυτοφύεται σε βραχώδη μέρη της υπαλπικής ζώνης του Ολύμπου, Κισσάβου, Πηλίου και Σκάρδου.

- vi. *Sideritis syriaca*: Κοινώς λέγεται τσάι της Κρήτης, γνωστό σαν μαλοτήρα ή καλοκοιμηθιά. Είναι πολυετής πόα ύψους μέχρι 50 εκ. Έχει βλαστό συνήθως απλό, ισχυρό, όρθιο που καλύπτεται με πυκνό άσπρο χνούδι. Τα φύλλα είναι επιμήκη- λογχοειδή, τα άνθη είναι κίτρινου χρώματος και ο κάλυκας σωληνοειδής που καταλήγει σε δόντια. Αυτοφύεται στα βουνά της Κρήτης και κυρίως στα Λευκά Όρη και στον Ψηλορείτη σε υψόμετρο 1300-2000 μέτρα. Συνώνυμο αυτού του είδους είναι το *S. cretica*.

1.1.4. Οικολογία- Προσαρμοστικότητα

Το τσάι του βουνού ευδοκimeί σε περιοχές με υψόμετρο πάνω από 1000 μέτρα (για παράδειγμα το τσάι του Ταΰγετου βρίσκεται ως αυτοφύες σε υψόμετρο 1800-2300 μέτρα). Παρουσιάζει ιδιαίτερη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα και το υπέργειο μέρος του δεν καταστρέφεται το χειμώνα, όπως συμβαίνει με άλλα αρωματικά φυτά (πχ ρίγανη) και έτσι η ανάπτυξή του ξεκινάει από νωρίς την άνοιξη, επωφελούμενο από τη συνήθως άφθονη υγρασία του εδάφους. Ευνοείται από μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας. Αναπτύσσεται σε ποικιλία εδαφών με pH 6,0- 8,0. Συνήθως προτιμά βραχώδη και ασβεστολιθικά εδάφη, μπορεί όμως και αναπτυχθεί και σε πετρώδη εδάφη (Εικόνα 1). Χαρακτηριστικά είναι κάποια είδη του *Sideritis* τα οποία συναντώνται ακόμα και σε σχισμές βράχων (Γκόλιαρης 1984). Έχει ελάχιστες απαιτήσεις σε θρεπτικά στοιχεία και σχηματίζει ένα πυκνό ριζικό σύστημα που μπορεί να εκμεταλλεύεται και τις μικρότερες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων.



Εικόνα 1: Τσάι του βουνού αυτοφυούμενο σε πετρώδη εδάφη.

1.1.5. Χημική Σύνθεση

Τα τελευταία 20 χρόνια γίνεται προσπάθεια για απομόνωση και ταυτοποίηση των συστατικών των διαφόρων ειδών σιδερίτη, ώστε να εντοπιστούν οι κυριότερες ουσίες που παρουσιάζουν βοτανικό και φαρμακολογικό ενδιαφέρον. Τα φυτά του γένους *Sideritis*, σε σχέση με τα υπόλοιπα αρωματικά φυτά της οικογένειας *Lamiaceae*, χαρακτηρίζονται από χαμηλή απόδοση σε αιθέριο έλαιο (González-Burgos et al., 2011; Pljevljakušić et al., 2011). Η χημική ανάλυση του εκχυλίσματος των φυτών, έχει βρεθεί ότι περιέχει κυρίως αιθέρια έλαια, όπως μονοτερπένια, σεσκιτερπένια και διτερπένια, αλλά και πολυφαινόλες, στα οποία οφείλεται και η βιολογική-φαρμακολογική δράση των φυτών. Στα υπέργεια τμήματα των φυτών έχουν απομονωθεί και ταυτοποιηθεί τουλάχιστον 160 διαφορετικά διτερπένια, (Piozzi et al., 2006; González-Burgos et al., 2011). Τα διτερπένια παρουσιάζουν πολλές φαρμακευτικές ιδιότητες και δράσεις, όπως αντιοξειδωτική και κυρίως η λινεαρόλη και η σιδόλη (González-Burgos et al., 2011), αντιμικροβιακή (αντιβακτηριακή, αντι-ιική και αντιμυκητιακή δράση), αντιφλεγμονώδη και γαστροπροστατευτική δράση (Gómez-Serranillos et al., 2004; Ložoglu et al., 2006). Εντοπίζονται και δευτερογενή συστατικά σε μικρότερη περιεκτικότητα και λιγότερη σημασία, όπως ιριδοειδή, τριτερπένια, λιγνάνες, κουμαρίνες κ.ά. (González-Burgos et al., 2011; Vasilopoulou et al., 2013). Οι περισσότερες μελέτες έχουν βασιστεί κυρίως σε φυτικό υλικό από συλλογή αυτοφυών φυτών, ενώ λίγες είναι αυτές που έγιναν σε φυτά πειραματικής καλλιέργειας (Pljevljakušić et al., 2011) ή σε εμπορικά διαθέσιμα καλλιεργούμενα είδη (Knörle, 2012).

Στην πρώτη εργασία το 1986 με τίτλο: «Η σύνθεση του αιθέριου ελαίου στο Ελληνικό Τσάι του Βουνού (*Sideritis* spp.)» (Koedam, 1986) χρησιμοποιήθηκαν αποξηραμένες δρόγες, ως φυτικό υλικό, από τα είδη *S. clanderstina* (από τις ανατολικές πλαγιές του Ταυγέτου σε υψόμετρο 1800 m) και *S. raeseri* (από το όρος Ίτη του νομού Φθιώτιδας, σε υψόμετρο 1700 m). Για την παραλαβή του ελαίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της υδροαπόσταξης και στη συνέχεια, έγινε ανάλυση με χρήση αέριας χρωματογραφίας και φασματοσκοπίας μάζας. Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας έδωσαν αποδόσεις σε λάδι για το είδος *clandestina*, 0,09% και για

το *raeseri*, 0,12% (επί ξηρής δρόγης). Η χρωματογραφική ανάλυση του λαδιού των δυο ειδών έδωσε πάνω από 70 διαφορετικά συστατικά, από τα οποία αναγνωρίστηκαν τα 50. Στο *S. raeseri*, βρέθηκαν κατά σειρά οι ουσίες *brinene*, *a-pinene*, *a-humulene*, *limonene*, *b-caryophyllene* και *germacrene* (όλες με ποσοστά μεγαλύτερα του 5%).

Η δεύτερη εργασία που ασχολήθηκε με το *S. raeseri*, με αντικείμενο τη σύσταση του αιθέριου ελαίου του φυτού, έγινε με τη συνεργασία του φαρμακευτικού τμήματος του πανεπιστημίου της Messina στην Ιταλία και του εργαστηρίου φαρμακογνωσίας του Πανεπιστημίου Αθηνών (Galati et al 1996). Το φυτικό υλικό συλλέχθηκε από το βουνό Παρνασσός σε υψόμετρο 1800 m. τον Ιούλιο του 1994 και οι ανθισμένες δρόγες αποξηράνθηκαν στον αέρα. Για την εξαγωγή του ελαίου χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία απόσταξης με παραμονή των φυτικών μερών στην αποστακτική συσκευή Clevenger για 3 ώρες. Η απόδοση σε έλαιο βρέθηκε 0,14%. Στην αναγνώριση των συστατικών χρησιμοποιήθηκε αέριος χρωματογράφος που έφερε αέριο Ήλιο, σε συνδυασμό με φασματογράφο μάζας (GC/ MS). Αναγνωρίστηκαν 36 συστατικά αντιπροσωπεύοντας το 86,57% του ελαίου. Σε μεγαλύτερη αναλογία βρέθηκαν οι ουσίες *camphor* (14,9%), *1,8-cineole* (11.61%), *abisolol* (7.78%), *13(16)14 labdien-8-ol* (7.35%), *trans-chrysanthenyl acetate* (6.35%) και *terpinen-4-ol* (5.70%).

Το 1989 σε εργασία των Gergis και των συνεργατών του μελετήθηκαν τα είδη *S. cldestina* από τις νότιες πλαγιές του όρους Κυλλήνη στην Πελοπόννησο και *S. sipylea* από το βουνό Κερκετές της Σάμου. Πραγματοποιήθηκαν σχεδόν οι ίδιες διαδικασίες απόσταξης αποξηραμένων ανθικών στελεχών και έγινε χρήση αέριας χρωματογραφίας σε συνδυασμό με φασματογράφο μάζας. Κύρια συστατικά για το αιθέριο έλαιο του πρώτου βρέθηκαν τα, *a-Pinene*, *b-Pinene* και *Myrcene*, ενώ τα ίδια βρέθηκαν σε μεγαλύτερη αναλογία και στο δεύτερο.

Για το είδος *S.syriaca* που αυτοφύεται στην Κρήτη έχουν γίνει δυο σχετικές εργασίες αναγνώρισης των συστατικών του ελαίου. Η πρώτη το 1985 από τους Komaitis και των συνεργατών του, στην οποία βρέθηκαν πάνω από 30 συνολικά συστατικά. Αξιοσημείωτο είναι ότι στην περίπτωση αυτή η απόσταξη διήρκεσε 5 ώρες. Η δεύτερη εργασία έγινε το 1996 (Laer et al) με υλικό από το 1987 και 1989. Και στις δυο περιπτώσεις ως κύρια συστατικά

βρέθηκαν τα Caryophyllene, carvacrol, και thymol, με κάποια διαφοροποίηση μεταξύ των δυο εργασιών στα επί μέρους συστατικά του ελαίου.

Άλλες εργασίες με αντικείμενο την ποσοτική και ποιοτική σύσταση του αιθέριου ελαίου, έχουν γίνει σε μεσογειακές χώρες όπως την Ισπανία και την Τουρκία (Ezer Nurten *et al* 1996 & Ozcan *et al* 2001). Σε οκτώ είδη του γένους *Sideritis* της Ισπανίας (διαφορετικά από αυτά της Ελλάδας) η ποσότητα σε έλαιο δεν διέφερε σημαντικά από τα Ελληνικά είδη, στη σύσταση όμως, υπάρχουν σημαντικές ποσοτικές διαφορές στα ποσοστά και το είδος των συστατικών. Αρκετά είδη του γένους *Sideritis* έχουν μελετηθεί στην Τουρκία όπου η μέση απόδοση σε αιθέριο έλαιο βρέθηκε γύρω στο 0,5%. Τέλος, στην ποιοτική ανάλυση βρέθηκαν και εδώ διαφορές στα ποσοστά των επιμέρους συστατικών.

Σημαντικά επίσης ήταν τα συμπεράσματα στην εργασία του Francisco και των συνεργατών του (1988) κατά την οποία αποδεικνύεται ότι η ύπαρξη των φλαβονοειδών στην φυτική επιφάνεια προφυλάσσει τους φυτικούς ιστούς από τη βλαβερή επίδραση UV ακτινοβολίας και βοηθά τα διάφορα είδη του γένους *Sideritis* να προσαρμόζονται στις συνθήκες μεγάλου υψομέτρου. Τα διάφορα είδη της Βορείου Αφρικής διαφέρουν και από το γεγονός ότι για να επιβιώνουν στις ερημικές περιοχές αντί για φλαβονοειδή προστατεύονται από ουσίες τερπενικής φύσεως. Ακόμη, έχει παρατηρηθεί ότι τα είδη με περισσότερες λευκές τρίχες στην επιφάνεια των φύλλων, έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή. Οι τρίχες αυτές, έχει αποδειχθεί ότι προστατεύουν τα φυτά από την UV ακτινοβολία (Francisco *et al* 1988). Συμπερασματικά, από τις μέχρι τώρα αναλύσεις συστατικών στο γένος *Sideritis* φάνηκε να κυριαρχούν ποσοτικά κατά σειρά τα εξής συστατικά: b-caryophyllene, a-pinene, b-pinene, 1,8 cineole, limonene, sabinene, carvacrol, myrcene, linalool, camphore, a-cadinol, b- copaene, b- cymene, b-bisabolol, δ- cadinene.

Πέρα από τα συστατικά που βρίσκονται σε μεγάλη αναλογία φαίνεται πως η σύσταση του αιθέριου ελαίου δεν είναι απόλυτα σταθερή για το κάθε είδος αλλά μπορεί να παρατηρηθούν μικροδιαφορές που σχετίζονται με την συγκεκριμένη χρονιά συλλογής (κλιματικές συνθήκες), την περιοχή στην οποία αναπτύχθηκε το φυτό (εδαφοκλιματικές συνθήκες), και το στάδιο της βλαστικής περιόδου. Σημαντικός παράγοντας ίσως είναι και η γενετική

παραλλακτικότητα μέσα στον πληθυσμό κάθε είδους. Επίσης υπάρχει και η πιθανότητα, ανάλογα με τον τρόπο παραλαβής του αιθέριου ελαίου, να μετασχηματισθούν ή και να καταστραφούν κάποια συστατικά (Γκέργκης και Αργυριάδη 1990).

Συμπερασματικά, η σύσταση των αιθερίων ελαίων των δυο ειδών σιδερίτη (*S. Clandestine* & *S. raeseri*) φαίνεται στον Πίνακα 1, Παραθέματα Πινάκων.

1.1.6. Ιδιότητες- Χρήσεις

Παλαιότερα, το Τσάι του βουνού θεωρούνταν κυρίως μελισσοτροφικό φυτό και μόνο μικρές ποσότητες μαζεύονταν από τους χωρικούς των ορεινών περιοχών, καθώς το χρησιμοποιούσαν ως αφέψημα. Με την πάροδο των χρόνων, το φυτό του Γένους *Sideritis* άρχισε να κερδίζει το επιστημονικό ενδιαφέρον λόγω των πολλαπλών φαρμακευτικών ιδιοτήτων του. Τη σημερινή εποχή, οι ανθοφόροι βλαστοί του χρησιμοποιούνται κατά κόρον ως αφέψημα και θεωρείται ότι έχουν αντιφλεγμονώδη, αντιθρομβωτική, ηρεμιστική, και αντιοξειδωτική δράση. Χρησιμοποιούνται επίσης για την πρόληψη της αναιμίας γιατί περιέχουν σίδηρο. Μετά από μελέτες χρόνων, οι οποίες αφορούσαν την περιεκτικότητα των διαφόρων ειδών του Γένους *Sideritis* σε αιθέρια έλαια, έχουν ταυτοποιηθεί πληθώρα συστατικών με αποδεδειγμένη φαρμακευτική δράση.

Αντιφλεγμονώδης δράση: Υπάρχουν πολλές μελέτες πάνω στην αντιφλεγμονώδη δράση που εμφανίζουν τα εκχυλίσματα του γένους *Sideritis*. Αυτή οφείλεται κυρίως στις ομάδες των φλαβονοειδών (Villar 1990), των τερπενίων και των λιπιδίων. Κατά των φλεγμονών δρουν και οι φυτοστερόλες, οι α- και β- αμιρίνες και τα διτερπένια (Charami et al., 2008; Gómez-Serranillos et al., 2004; Loğoğlu et al., 2006).

Αντιμικροβιακή δράση: Σημαντική είναι και η δράση κατά των βακτηρίων, των ιών και των ζυμών. Η δράση αυτή οφείλεται κυρίως στα αιθέρια έλαια του φυτού που περιέχουν μονοτερπενικούς υδρογονάνθρακες. Από τα φυτά που μελετήθηκαν πιο δραστικά ήταν αυτά με αιθέρια έλαια πλούσια σε α-πιπένιο

και καρβακρόλη. Το είδος *S. raeseri* δεν περιέχει πολλά μονοτερπένια και γι' αυτό ήταν αδρανές (Aligiannis et al., 2001, Fokialakis et al., 2007).

Αντιοξειδωτική δράση: Όπως αναφέρθηκε, ένας μεγάλος αριθμός φαρμακολογικών ιδιοτήτων των φυτών του γένους *Sideritis* οφείλεται στην παρουσία πολυφαινολικών ενώσεων, με πιο σημαντική την αντιοξειδωτική δράση (Heim K. et al., 2002), η οποία σχετίζεται με την καταπολέμηση του οξειδωτικού stress (Linardaki et al., 2011; Pljevljakušić et al., 2011), αλλά και την αντιμικροβιακή δράση (Goulas et al., 2014). Συνήθως η αύξηση του ποσοστού των ολικών φαινολών σε εκχύλισμα μεθανόλης ή οξικού αιθυλεστέρα, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της δράσης εκκαθάρισης ελεύθερων ριζών, που υπολογίζεται με τη μέθοδο DPPH (Tunalier et al., 2004; Armata et al., 2008).

Η αντιοξειδωτική δράση εξαρτάται κυρίως από το βοτανικό είδος, την μέθοδο της εκχύλισης, το υψόμετρο καθώς και από το στάδιο ανάπτυξης κατά την συγκομιδή (Gabrieli et al., 2005; Charami et al., 2008; Janeska et al., 2007; Armata et al., 2008; Pljevljakušić et al., 2011), ενώ όσον αφορά το *S. raeseri* αναφέρεται ότι εμφανίζει μέτρια αντιοξειδωτική δράση (Gabrieli et al., 2005; Armata et al., 2008).

Αναλγητικές ιδιότητες: Φυτά του γένους σιδερίτης εμφανίζουν και αναλγητικές ιδιότητες. Αυτές οφείλονται σε ενώσεις λιγότερο πολικές από εκείνες των αντιφλεγμονωδών. Τέτοιες είναι οι φυτοστερόλες, οι α- και β-αμιρίνες και τα διτερπένια με σκελετό καουρενίου (Gonzalez-Burgos et al., 2011).

Υπάρχει, επίσης, μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον στον τομέα των αιθέριων ελαίων μιας και οι χρήσεις τους συνεχώς διευρύνονται. Στην αγορά πέρα από τον τομέα των καλλυντικών, παρουσιάζει μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον η χρήση συστατικών των αιθέριων ελαίων για φαρμακευτική χρήση και χρήση στη βιομηχανία τροφίμων. Πρόσφατα γίνεται αξιοποίηση και κάποιων ειδικών ιδιοτήτων ορισμένων συστατικών, όπως της θυμόλης για θεραπεία των μελισσών από παρασιτικά ακάρεα (σκεύασμα APIGUARD της εταιρείας Vita για καταπολέμηση το παρασίτου *Varroa destructor*).

1.1.7. Καλλιέργεια του Τσαγιού

1.1.7.1. Πολλαπλασιασμός

Η εγκατάσταση της καλλιέργειας μπορεί να γίνει με μικρά φυτά τα οποία έχουν δημιουργηθεί, είτε αγενώς με μοσχεύματα ή με διαίρεση των φυτών, είτε με σπόρο (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Εξαιτίας της έντονης τάσης υβριδισμού μεταξύ των ειδών, ο πολλαπλασιασμός με σπόρο μπορεί να δημιουργήσει μεγάλη ανομοιομορφία φυτικού υλικού (Sarroroulou and Maloupa, 2015). Η χρήση σπόρου απαιτεί ιδιαίτερη διαδικασία παρόμοια με αυτή των φυτών καπνού, και αποτελείται από τα παρακάτω στάδια.

Αρχικά γίνεται προβλάστηση των σπόρων για 3 ημέρες σε υγρή και ζεστή ατμόσφαιρα. Ο σπόρος έχει πολύ μικρό μέγεθος (700 σπόροι στο γραμμάριο) και για την δημιουργία των αναγκαίων φυτών για ένα στρέμμα αρκούν 10 g σπόρων. Σπέρνονται κατόπιν οι σπόροι στο σπορείο από φιλοχωματισμένο πλούσιο έδαφος σε πυκνότητα 2 g/m². Η απαιτούμενη έκταση του σπορείου για 1 στρέμμα χωραφιού είναι 5 m². Όλη αυτή η διαδικασία γίνεται τέλη Ιουλίου με αρχές Αυγούστου.

Λόγω της εύκολης πλέον εύρεσης μοσχευμάτων όμως, ο πολλαπλασιασμός με σπόρο χρησιμοποιείται σπάνια ενώ η επιτυχία εγκατάστασης των μοσχευμάτων υπερβαίνει το 90%. Τα έριζα μοσχεύματα δεν παίρνονται πλέον από αυτοφυή φυτά αλλά από παλαιές φυτείες που εκριζώνονται όταν η απόδοσή τους μειώνεται. Τα παλαιά φυτά χωρίζονται σε πολλά μέρη (μοσχεύματα) τα οποία μεταφέρονται αμέσως στο νέο χωράφι για φύτευση σε μικρούς λάκκους που ανοίγονται με φυτευτήρι.

1.1.7.2. Φύτευση

Η εγκατάσταση γίνεται είτε σε νέους καθαρούς και οργωμένους αγρούς, είτε σε αγρούς τσαγιού με φυτά άνω των 5 ετών, όπου η καλλιέργεια είναι πλέον ασύμφορη λόγω μείωσης της απόδοσης ή της ύπαρξης πολλών πολυετών ζιζανίων.

Στη δεύτερη περίπτωση, νωρίς το καλοκαίρι ή μετά τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου, γίνεται η εκρίζωση της προηγούμενης καλλιέργειας, ο καθαρισμός και το όργωμα, το οποίο συνοδεύεται από σβάρνισμα ώστε να ισοπεδωθεί κατάλληλα το χωράφι.

Δύο εποχές κρίνονται κατάλληλες για τη φύτευση. Η πρώτη είναι το Φθινόπωρο (Οκτώβρη -Νοέμβρη) και η δεύτερη τέλος του χειμώνα με αρχές άνοιξης (Φλεβάρης-Μάρτης). Για τις ελληνικές συνθήκες προτιμότερο είναι το φθινόπωρο μετά τα πρωτοβρόχια. Η φύτευση γίνεται σε γραμμές που απέχουν μεταξύ τους 50-60 εκ. Πάνω στις γραμμές τα φυτά απέχουν μεταξύ τους 40-50 εκ. Μπορεί να γίνει με φυτευτικές μηχανές (καπνού), ύστερα από κατάλληλη ρύθμιση της απόστασης των δίσκων, ή με το χέρι σε μικρούς λάκκους ή με το φυτευτήρι. Εάν μετά τη φύτευση δεν ακολουθήσει βροχή, καλό είναι να γίνει ριζοπότισμα, για να έχουμε μεγάλη επιτυχία.

1.1.7.3. Καλλιεργητικές Φροντίδες

Συνήθως η καλλιέργεια είναι ξηρική, αν και εκμεταλλεύεται πολύ καλά το νερό όταν δοθεί με την τεχνική της άρδευσης. Θα πρέπει όμως να χορηγείται κατά τρόπο τέτοιο έτσι ώστε να μην παραμένει νερό στο ριζικό σύστημα του φυτού, αφού εμφανίζει ευαισθησία στις σηψιρριζίες (Μαλούπα κ.ά., 2013). Όσον αφορά τη λίπανση, σε περίπτωση που προκύψει ανάγκη, συνήθως χρησιμοποιείται οργανική λίπανση, αν και η καλλιέργεια δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η καλλιέργεια, ιδιαίτερα τον πρώτο χρόνο, όταν τα φυτά είναι μικρά, είναι τα ζιζάνια. Η καταπολέμησή τους γίνεται με τα χέρια ή καμιά φορά, αν το επιτρέπουν οι μορφολογικές συνθήκες του εδάφους και μηχανικά (Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

Επίσης δεν αναφέρονται σημαντικά προβλήματα από εντομολογικές προσβολές, δεδομένου ότι καλλιεργείται σε ορεινές-ημιορεινές περιοχές (Μαλούπα κ.ά., 2013).

1.1.7.4. Λίπανση

Την περίοδο της καταπολέμησης της φθινοπωρινής ζιζανιοκτονίας γίνεται και η βασική λίπανση των χωραφιών με κάποιο σύνθετο λίπασμα, το οποίο διασκορπίζεται ανάμεσα στα φυτά.

Γίνεται χρήση 3 έως 4 μονάδων αζώτου και 4 έως 5 μονάδων φωσφόρου. Ορισμένοι καλλιεργητές ανάλογα με το χωράφι κάνουν και μια ανοιξιάτικη λίπανση με κάποιο αζωτούχο λίπασμα (περίπου 34 μονάδες αζώτου / στρ.).

1.1.7.5. Ζιζανιοκτονία

Στα πρώτα έτη της φυτείας υπάρχουν συνήθως μονοετή ζιζάνια και αν και η επιφάνεια που πρέπει να καθαριστεί είναι μεγάλη, το σκάλισμα γίνεται εύκολα γιατί τα φυτά τσαγιού δεν έχουν καλύψει ακόμη το χωράφι. Στις παλαιές φυτείες κυριαρχούν πολυετή ζιζάνια που φυτρώνουν ανάμεσα στα φυτά της καλλιέργειας και η απομάκρυνση τους γίνεται πολύ δύσκολα και γενικά είναι πολύ δαπανηρή η διατήρηση καθαρής φυτείας.

Η ζιζανιοκτονία με σκάλισμα συνεχίζεται τους μήνες Μάρτιο – Απρίλιο, ενώ περιφερειακά των αγρών γίνεται και κατευθυνόμενη χρήση του ζιζανιοκτόνου Roundup.

Κατά καιρούς έχουν γίνει προσπάθειες για εφαρμογή χημικής ζιζανιοκτονίας σε όλη την έκταση των χωραφιών με εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα, γεγονός που θα μείωνε κατά πολύ το κόστος καλλιέργειας. Οι προσπάθειες αυτές δεν είχαν επιτυχία γιατί τα φυτά του τσαγιού δείχνουν αρκετά ευαίσθητα.

Η επόμενη επέμβαση στη φυτεία, είναι η καταπολέμηση των πρώτων φθινοπωρινών ζιζανίων, πάλι με χρήση σκαλιστηριών. Η ζιζανιοκτονία αυτή διαρκεί μέχρι τα μέσα Νοεμβρίου ή όσο το επιτρέπει ο καιρός.

1.1.7.6. Συγκομιδή

Η συγκομιδή γίνεται χειρωνακτικά, με δρεπάνι ή μαχαίρι και ανάλογα με την περιοχή της καλλιέργειας και τις συνθήκες κάθε χρονιάς, ξεκινάει από τα μέσα με τέλη Μαΐου και φτάνει έως τον Αύγουστο, όταν τα φυτά βρίσκονται

στη πλήρη άνθιση και είναι μεγαλύτερη η περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο. Συνήθως η συγκομιδή αρχίζει σταδιακά από τα χαμηλά προς τα μεγαλύτερα υψόμετρα. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η συγκομιδή θα πρέπει να ολοκληρωθεί πριν το πέρας της ανθοφορίας. Κατά τη συγκομιδή κόβεται ολόκληρη η ταξιανθία και κάτω από αυτή ένα μέρος του βλαστού, μήκους 5 ως 6 εκατοστά. Για την κοπή των ανθισμένων βλαστών χρησιμοποιούνται μικρά δρεπανάκια και η κάθε «χεριά» αμέσως δένεται και αποτελεί ένα «ματσάκι» έτοιμο για ανάρτηση στο ξηραντήριο.

Στη συνέχεια η συγκομιζόμενη ποσότητα μεταφέρεται για αποξήρανση σε υπόστεγα που έχουν σκεπή από κεραμίδια, για να αποκτήσει ένα χρώμα πρασινοκίτρινο που είναι και το επιθυμητό. Εάν η ξήρανση δεν γίνει σε σκιά ή όταν το υπόστεγο είναι από λαμαρίνα τότε τα φυτά αποχρωματίζονται, με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται η ποιότητά τους (Gabrieli and Kokkalou, 1990; Κατσιώτης και Χατζοπούλου, 2016).

1.1.7.7. Εχθροί και Ασθένειες

Κατά το Μάιο γίνονται περιστασιακά κάποια ραντίσματα με χρήση ακαρεοκτόνων και εντομοκτόνων για την αντιμετώπιση προσβολών από τετράνυχος και αφίδες. Οι προσβολές αυτές δεν παρατηρούνται συχνά, και σπάνια απειλούν σοβαρά την απόδοση, υποβαθμίζουν όμως το προϊόν. Η μέχρι τώρα εμπειρία δείχνει ότι γενικά οι εντομολογικές προσβολές εντοπίζονται στους αγρούς με χαμηλό υψόμετρο.

1.1.7.8. Αποδόσεις

Το Τσάι του βουνού μπορεί να καλλιεργηθεί στο ίδιο χωράφι για 5 - 8 χρόνια. Η παραγωγή συνεχίζει να αυξάνεται από το 2^ο- 4^ο έτος ενώ από το 5^ο έτος αρχίζει να μειώνεται. Οι αποδόσεις και η διάρκεια ζωής της καλλιέργειας εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις καλλιεργητικές φροντίδες.

Σε χρονιά πλήρους παραγωγής οι αποδόσεις σε ξηρό προϊόν αγγίζουν τα 200-350 ανά στρέμμα.

Οι περισσότεροι παραγωγοί το πωλούν σε μπάλες των 20-25 κιλών και, ανάλογα με τις διαπραγματεύσεις που κάνουν, πετυχαίνουν καθαρή πρόσοδο της τάξης των 800-1300 ευρώ το στρέμμα. Τα έσοδα όταν η καλλιέργεια είναι βιολογική διπλασιάζονται (Gabrieli and Kokkalou, 1990).

1.1.7.9. Κόστος Καλλιέργειας

Η αγορά ριζωμάτων και φυτωρίων από τα εξειδικευμένα φυτώρια συχνά κοστίζει αρκετά (αν υπολογιστεί κατά μέσο όρο ότι κοστίζουν περισσότερο από 0,15-0,25 ευρώ ανά φυτό στην Ελλάδα και 0,05-0,18 ευρώ σε εξειδικευμένα φυτώρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης).

Με μια τυπική πυκνότητα φύτευσης περίπου 4.000 φυτών ανά στρέμμα, η δαπάνη για το φυτικό υλικό εγκατάστασης μπορεί να είναι περισσότερο από 600-1.000 ευρώ ανά στρέμμα.

Στις πολυετείς καλλιέργειες, όπως είναι το τσάι του βουνού, το κόστος για την απόκτηση πολλαπλασιαστικού υλικού βαρύνει κυρίως τον πρώτο χρόνο της καλλιέργειας, εφόσον τα επόμενα χρόνια ο παραγωγός μπορεί από τις έτοιμες φυτείες να δημιουργήσει το δικό του πολλαπλασιαστικό υλικό και να επεκτείνει την καλλιέργεια (Demo et al, 1998).

1.2. ΑΡΔΕΥΣΗ

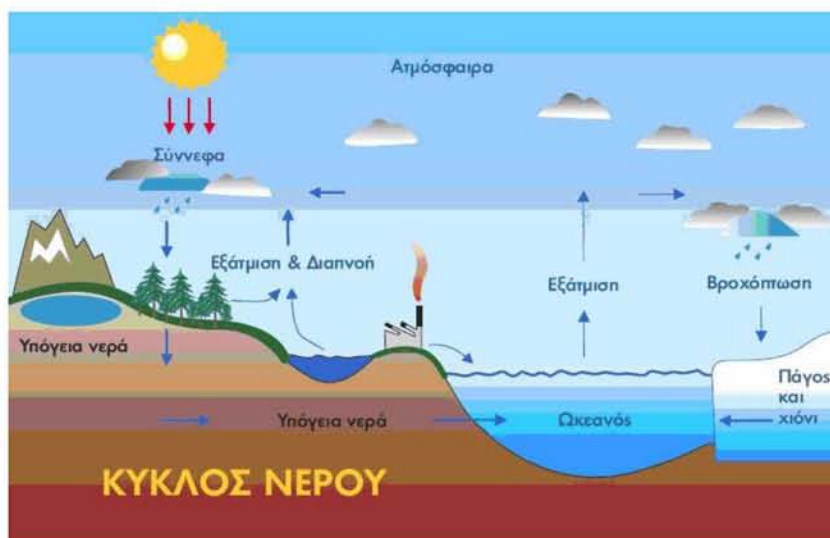
1.2.1 Το νερό και η προέλευσή του

Κύριοι προμηθευτές του νερού στη γη είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και ειδικότερα η βροχή και το χιόνι, που έχουν την προέλευσή τους στην εξάτμιση του θαλασσινού νερού. Η διαδικασία που περιλαμβάνει τη μεταφορά της υγρασίας από τη θάλασσα στη γη και πίσω στη θάλασσα, είναι γνωστή σαν υδρολογικός κύκλος (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997). Σε αυτήν την αλυσίδα διαδικασιών, το νερό εμφανίζεται σε όλες τις πιθανές καταστάσεις: υγρό (βροχή), αέριο (υδρατμός), στερεό (χιόνι, χαλάζι), (Τσακίρης, Γ., 1995), (Εικόνα 2).

Ένα μέρος του νερού που φτάνει στην επιφάνεια της γης, περίπου τα 2/3, συγκρατείται από τη βλάστηση και εξατμίζεται ή διαπνέεται από τα φυτά.

Το υπόλοιπο νερό απορρέει επιφανειακά ή διηθείται στο έδαφος (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997).

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η μη σωστή χρήση του νερού, είτε κατά την αρδευτική χρήση, είτε κατά τη βιομηχανική χρήση, μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά, με μακροχρόνιες επιπτώσεις, προβλήματα υποβάθμισης της γονιμότητας των εδαφών, ενώ μπορεί να καταστήσει το πόσιμο ή αρδευτικό νερό ακατάλληλο προς χρήση.



Εικόνα 2: Ο Υδρολογικός κύκλος.

1.2.2 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα & η κατανομή τους στην Ελλάδα

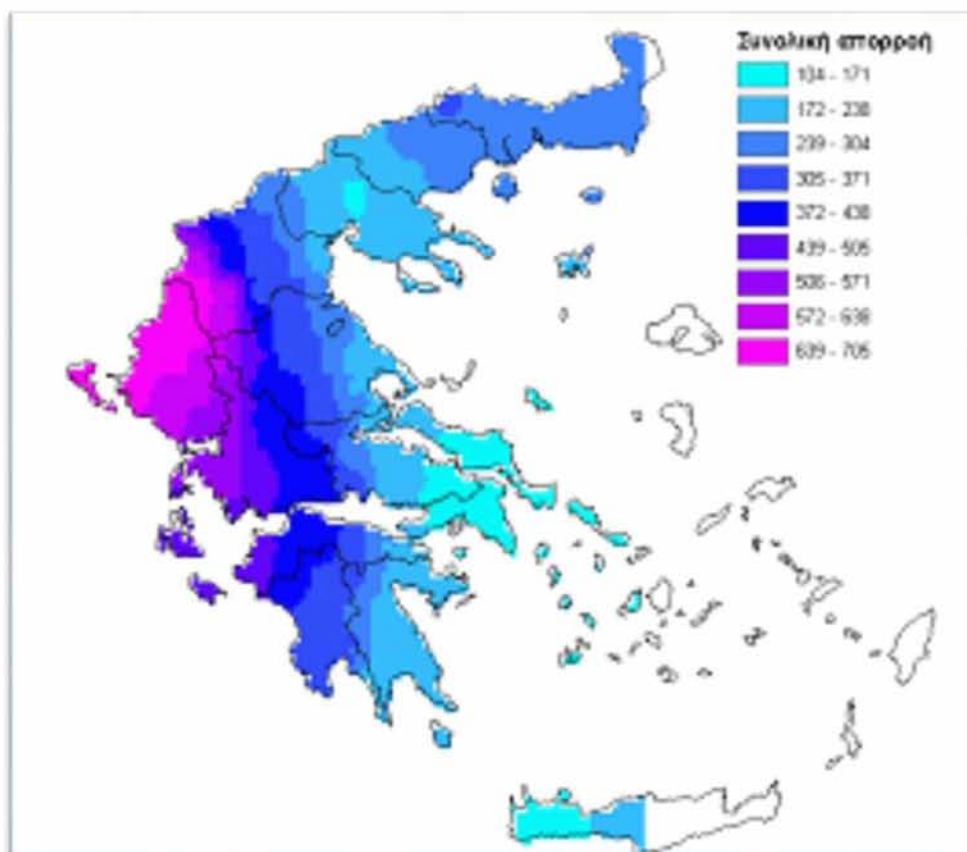
Ο όρος κατακρημνίσματα χρησιμοποιείται για να περιγράψει μαζικά τις μετρήσιμες ποσότητες νερού που φτάνουν στην επιφάνεια της γης ως συνέπεια της υγραποίησης των ατμοσφαιρικών υδρατμών. Τα φαινόμενα που έχουν αποτέλεσμα τα κατακρημνίσματα (βροχόπτωση, χιονόπτωση κ.α.) χαρακτηρίζονται με τον όρο κατακρημνίσεις (Κουτσογιάννης, Δ. και Ξανθόπουλος, Θ., 1999).

Ο ρυθμός της βροχής διαφέρει σημαντικά σε έναν τόπο από επεισόδιο σε επεισόδιο βροχής. Άλλοτε η βροχή είναι πολύ έντονη και άλλοτε πολύ ασθενής. Σε ετήσια βάση, τα ποσά βροχής που φτάνουν σε όλη την επιφάνεια

της γης είναι τεράστια, η κατανομή του υετού όμως είναι ακανόνιστη και πολύ διαφορετική σε κάθε περιοχή.

Στην Ελλάδα αντίστοιχα, τα μεγαλύτερα ετήσια ύψη βροχής σημειώνονται πάνω από τις ορεινές και τις δυτικές περιοχές. Ο κανόνας αυτός ισχύει για ολόκληρη τη χώρα από το βορειοδυτικό άκρο της μέχρι την Κρήτη. Είναι φανερό ότι το ανάγλυφο παίζει σημαντικό ρόλο στην κατανομή της βροχής στη χώρα μας. Το ετήσιο βροχομετρικό ύψος στα νησιά του Ιονίου πελάγους είναι υψηλότερο από τα αντίστοιχα του Αιγαίου πελάγους. Η κατανομή αυτή των βροχών αποτυπώνεται με εντυπωσιακό τρόπο στην εξάπλωση των ζωνών βλάστησης. Στις ανοιχτές από βορρά πεδιάδες της Θεσσαλονίκης και των Σερρών σημειώνονται μικρά σχετικά ύψη βροχής εξαιτίας της επίδρασης που δέχονται από τον ξηρό και καθοδικό άνεμο του Βαρδάρη και του Ρουπελιώτη (Stathis & Mavromatis, 2009). Στη Θράκη και την ανατολική Μακεδονία η επίδραση του ανάγλυφου οδηγεί στην αύξηση του ύψους βροχής με την απομάκρυνση από τις ακτές προς τον ορεινό όγκο της Ροδόπης. Στην ορεινή ζώνη Ηπείρου-Θεσσαλίας σημειώνονται τα μεγαλύτερα ετήσια ύψη βροχής, ξεπερνώντας σε κάποιες περιοχές τα 2200 mm (Στάθης, 1998, Stathis & Mavromatis, 2009). Οι περιοχές της ανατολικής Πελοποννήσου, της Αττικής και του Σαρωνικού κόλπου χαρακτηρίζονται από μικρές τιμές του ύψους βροχής. Η οροσειρά της ελληνικής χερσονήσου που εκτείνεται σχεδόν κάθετα στην κίνηση των υγρών αέριων μαζών διαιρεί τη χώρα στην προσήνεμη και με πολλές βροχές δυτική και στην υπήνεμη ανατολικότερη.

Τα βουνά της Εύβοιας, της Θεσσαλίας (Πήλιο, Όσσα) και βορειότερα ο Όλυμπος δημιουργούν μια δεύτερη εικόνα προσήνεμο-υπήνεμο με τις ανατολικές πλαγιές των βουνών να αποτελούν την ομβροπλευρά και τις δυτικές την ομβροσκιά. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στον ελληνικό χώρο έχει υπολογιστεί ότι είναι ίσο με 823 mm. Στην Εικόνα 3 φαίνεται η γεωγραφική κατανομή της ετήσιας τιμής του ύψους βροχής πάνω από τον ελληνικό χώρο (Στάθης, Δ., 2015).

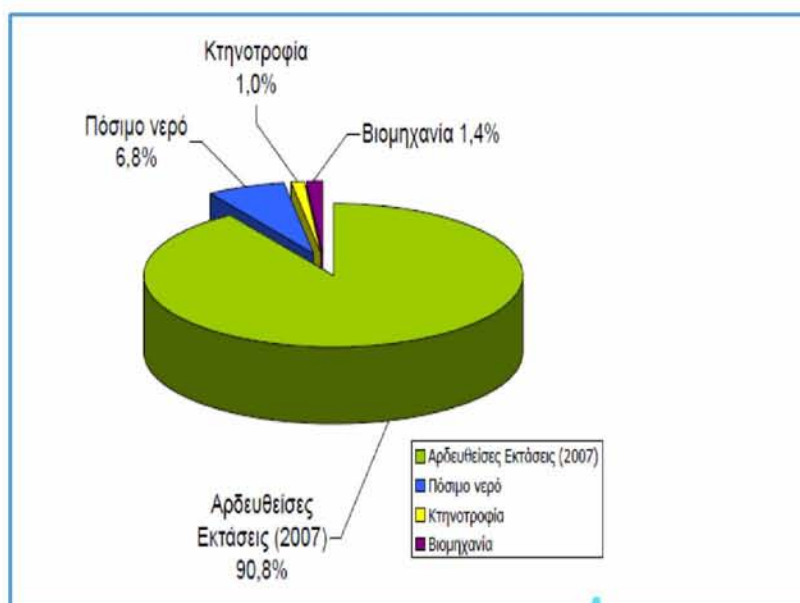


Εικόνα 3: Γεωγραφική κατανομή του ετήσιου ύψους σε mm βροχής στην Ελλάδα

1.2.3 Κατανομή υδατικών πόρων και αειφόρος διαχείριση του νερού στη γεωργία

Είναι ευρέως γνωστό ότι το 70% της συνολικής κατανάλωσης νερού στον κόσμο αντιστοιχεί στην άρδευση καλλιεργούμενων εκτάσεων (Elgallal et al., 2016). Στην Ελλάδα με το ημίξηρο κλίμα της και την ανορθολογική και χαμηλής αποδοτικότητας διαχείριση του νερού, η κατανάλωση αρδευτικού νερού ανέρχεται πρακτικά σε ποσοστά πάνω από 80%. Ειδικά στη Θεσσαλία (ίσως και σε άλλες περιοχές) ανάλογα και με τις πληθυσμιακές συγκεντρώσεις και την ανάπτυξη κατά περιοχή του πρωτογενούς τομέα, το ποσοστό αυτό υπερβαίνει το 90% του συνόλου (Υ.ΠΕ.ΘΕ). Δεύτερη σημαντική ανάγκη είναι αυτή του πόσιμου νερού με περισσότερο από 6% ποσοστό της διαχείρισης του νερού και ακολουθεί η κτηνοτροφία και η βιομηχανία με 1,4% και 1% αντίστοιχα (Εικόνα 4).

Γνωρίζοντας λοιπόν ότι οι μεγαλύτερη σπατάλη νερού γίνεται κατά την άρδευση καλλιεργειών και δεδομένου της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης, της μείωσης των αποθεμάτων και της διαρκής υποβάθμιση της ποιότητας των υδατικών πόρων, είναι πλέον μονόδρομος να ληφθούν αυστηρά μέτρα και να περιοριστεί η άσκοπη χρήση του, με ταυτόχρονη ανάπτυξη κατάλληλων συστημάτων σύγχρονης διαχείρισής του. Η αειφόρος ή βιώσιμη διαχείριση του νερού (sustainable water management) στη γεωργία έχει ως κυρίαρχο στόχο να συνδυάσει τη διαθεσιμότητα του νερού στις αγροτικές, βιομηχανικές και αστικές ανάγκες σε ποσότητα και ποιότητα νερού, με λογικό κόστος με τις ελάχιστες δυνατές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επομένως για την όσο το δυνατόν πληρέστερη αξιοποίηση των υδάτινων πόρων, το αρδευτικό νερό θα πρέπει να εφαρμόζεται όταν χρειάζεται από τα φυτά, στο σημείο που χρειάζεται και στην ποσότητα που πρέπει, προκειμένου να επιτύχουμε υψηλότερες αποδόσεις των καλλιεργειών και τη μείωση του εφαρμοζόμενου νερού (Φουντάς και Γέμτος, 2015).



Εικόνα 4: Κατανομή των υδατικών πόρων στην Ελλάδα.

1.2.4 Το διαθέσιμο στις καλλιέργειες εδαφικό νερό

Οι εδαφικοί πόροι σχηματίζουν ένα πολύπλοκο δίκτυο από συνδεδεμένους αγωγούς κάθε διαμέτρου, μεγέθους και σχήματος. Αν σε ένα αρχικά ξερό έδαφος προστεθεί νερό, αυτό σχηματίζει αρχικά λεπτές στρώσεις

σε επαφή με τα τοιχώματα των πόρων που συγκρατούνται συνήθως με δυνάμεις συνοχής και συνάφειας, μετατοπίζει αέρα από τους πόρους, και αν η ποσότητα του νερού είναι αρκετή, γεμίζει εντελώς αυτούς τους πόρους. Έτσι, αν όλοι οι εδαφικοί πόροι γεμίσουν με νερό, τότε λέμε ότι το έδαφος έφτασε σε κορεσμό (Παπαζαφειρίου, Ζ., Γ., 1984).

Αν ένα έδαφος, κορεσμένο με νερό, αφηθεί να στραγγίσει, η ποσότητα του νερού που βρίσκεται στους μεγάλους πόρους θα κινηθεί προς τα κάτω, λόγω βαρύτητας. Το νερό αυτό λέγεται *ελεύθερο νερό* ή *νερό της βαρύτητας*, ενώ μετά την απομάκρυνσή του, τη θέση του παίρνει ο αέρας. Το νερό που παραμένει στο έδαφος, μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου, λέγεται *τριχοειδές νερό*. Το *τριχοειδές νερό* κινείται προς κάθε κατεύθυνση, ανάλογα με τις υφιστάμενες υδραυλικές κλίσεις, αλλά με πολύ μικρότερη ταχύτητα από ότι το *ελεύθερο νερό*. Αν συνεχίσει να απομακρύνεται νερό από το έδαφος, φτάνει κάποια στιγμή που το νερό που απομένει συγκρατείται πολύ ισχυρά από τα μόρια του εδάφους, ιδιαίτερα από τα κολλοειδή του, και σε σημαντική αναλογία δεν είναι πια σε υγρή κατάσταση και μετακινείται υπό μορφή υδρατμών. Το νερό αυτό λέγεται *υγροσκοπικό*. Από τις τρεις αυτές μορφές νερού, μόνο το *ελεύθερο* και το *τριχοειδές* χρησιμοποιούν τα φυτά (Παπαζαφειρίου, Ζ., Γ., 1984).

Ο υπολογισμός της εδαφικής υγρασίας μπορεί να γίνει άμεσα ή έμμεσα. Ο κλασικός τρόπος άμεσου υπολογισμού της γίνεται σε δείγματα εδάφους στο εργαστήριο. Ένα δείγμα εδάφους με την περιεχόμενη υγρασία ζυγίζεται και τοποθετείται σε κλίβανο (στους 105 °C). Μετά την ξήρανση του στον κλίβανο το δείγμα ξαναζυγίζεται. Η διαφορά βάρους των δύο ζυγίσεων αντιπροσωπεύει την εδαφική υγρασία, που υπολογίζεται σαν ποσοστό ξηρού βάρους με τη σχέση:

$$SM (\% D.W.) = 100 \frac{W_w - W_d}{W_d}$$

Όπου SM είναι η εδαφική υγρασία και W_w και W_d είναι το βάρος του υγρού και του ξηρού εδαφικού δείγματος αντίστοιχα.

Πέρα από αυτό τον τρόπο, η εδαφική υγρασία μπορεί να προσδιοριστεί στο εργαστήριο σε εδαφικές στήλες, με τη συσκευή ακτίνων – Γ (Gurr, 1962).

Ο προσδιορισμός της υγρασίας στο χωράφι μπορεί να γίνει και έμμεσα με μέτρηση της τάσεως. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται το тенσιόμετρο και η μέθοδος της ηλεκτρικής αντιστάσεως.

Το тенσιόμετρο βασίζεται στην αρχή ότι όταν το νερό κινείται έξω από το σωλήνα του προς το περιβάλλον έδαφος, μέσα στο σωλήνα δημιουργείται ένα μερικό κενό. Η τάση του κενού αυτού καταγράφεται από ένα μανόμετρο που είναι συνήθως ρυθμισμένο να δείχνει την πίεση σε εκατοστά της ατμόσφαιρας. Όταν αυξομειώνεται η υγρασία του εδάφους το тенσιόμετρο καταγράφει τις μεταβολές τάσεως της εδαφικής υγρασίας (Miller, 1951, Leonard & Low, 1962, Peters, 1962). Τα тенσιόμετρα δεν προσαρμόζονται το ίδιο καλά για παρατηρήσεις σε οποιοδήποτε τύπο εδάφους. Η χρήση τους σε ελαφριά εδάφη είναι πολύ αποτελεσματικότερη σε σχέση με βαριά και συνεκτικά εδάφη.

Η μέθοδος της ηλεκτρικής αντιστάσεως στηρίζεται στην αρχή ότι μια μεταβολή της εδαφικής υγρασίας προκαλεί αντίστοιχη μεταβολή της ηλεκτρικής αντιστάσεως του εδάφους. Χρησιμοποιούνται πλακίδια από πορώδες υλικό (γύψο ή διάφορες πλαστικές ύλες) στα οποία τοποθετούνται δύο ηλεκτρόδια σε σταθερή μεταξύ τους απόσταση. Τα ηλεκτρόδια συνδέονται με μια συσκευή που μετράει την ηλεκτρική αντίσταση (Coleman & Hendrix, 1949, Cronney et al., 1951, Taylor et al., 1961). Οι συσκευές ηλεκτρικής αντιστάσεως είναι ευαίσθητες στη συγκέντρωση αλάτων, τη θερμοκρασία, ακόμη και στα λιπάσματα. Επίσης, οι συσκευές δεν είναι ευαίσθητες σε χαμηλές τάσεις, οπότε οι παρατηρήσεις τους έχουν σχετική μόνο αξιοπιστία.

1.2.5 Η ωφέλιμη για τις καλλιέργειες υγρασία του εδάφους

Ο παραγωγός, είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζει την ποσότητα του νερού που πρέπει να δώσει στο χωράφι του και που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ευχέρεια από την καλλιέργεια, για τη μέγιστη ανάπτυξη και απόδοσή της. Για τον υπολογισμό της ωφέλιμης υγρασίας, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός ορισμένων εδαφικών παραμέτρων όπως η υδατοϊκανότητα του

εδάφους, το σημείο μόνιμης μάρανσης, το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους και το ριζικό σύστημα της καλλιέργειας.

1.2.5.1 Η υδατοϊκανότητα του εδάφους

Ως υδατοϊκανότητα (Field Capacity, FC) μπορεί να οριστεί η υγρασία που συγκρατεί ένα βαθύ, ομοιόμορφο και καλά στραγγιζόμενο έδαφος, μετά την απομάκρυνση του ελεύθερου νερού. Επίσης σαν υδατοϊκανότητα μπορεί να οριστεί το όριο εκείνο της εδαφικής υγρασίας στο οποίο η τιμή της ακόρεστης υδραυλικής αγωγιμότητας είναι τόσο μικρή ώστε πρακτικά έχει πάψει κάθε ουσιαστική κίνηση του νερού μέσα στο έδαφος, ανεξάρτητα από τις υφιστάμενες υδραυλικές κλίσεις. Συνήθως η υγρασία του εδάφους θεωρείται ότι φτάνει στην υδατοϊκανότητα τρεις με πέντε μέρες μετά από βροχή ή άρδευση, ανάλογα με την υφή και τη δομή του. Η υδατοϊκανότητα αποτελεί το ανώτερο όριο της χρήσιμης στα φυτά εδαφικής υγρασίας (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997).

1.2.5.2 Το σημείο μόνιμης μάρανσης

Το σημείο μόνιμης μάρανσης (Permanent Wilting Point, PWP) αποτελεί το κατώτατο όριο της χρήσιμης για τα φυτά εδαφικής υγρασίας. Όταν η εδαφική υγρασία φτάσει στο σημείο μόνιμης μάρανσης τα φυτά δεν μπορούν να προσλάβουν από το έδαφος όλο το νερό που χρειάζονται, για την κάλυψη των αναγκών τους, και για αυτό αρχίζουν να μαραίνονται. Το σημείο μόνιμης μάρανσης δεν είναι σταθερό αλλά εξαρτάται από την υφή και τη δομή του εδάφους, το είδος και την κατάσταση που βρίσκονται τα φυτά, τη συγκέντρωση αλάτων στο έδαφος και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997).

1.2.5.3 Το φαινόμενο ειδικό βάρος του εδάφους

Ένα έδαφος που έχει ξεραθεί σε κλίβανο, αποτελείται από στερεά σωματίδια και πόρους γεμάτους με αέρα. Το ειδικό βάρος των στερεών σωματιδίων, που αναφέρεται σαν *πραγματικό ειδικό βάρος* του εδάφους, είναι σχετικά σταθερό για όλα τα ορυκτά εδάφη με διακύμανση από 2,6 μέχρι 2,7 g/cm³. Το ειδικό βάρος του εδάφους μαζί με τους γεμάτους με αέρα πόρους του αναφέρεται σαν *φαινόμενο ειδικό βάρος* και εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την υφή και τη δομή του. Το φαινόμενο ειδικό βάρος (ASW) και το πραγματικό ειδικό βάρος (SWS) ενός εδάφους συνδέονται με τη σχέση:

$$ASW = (1 - n) SWS$$

όπου *n* είναι το πορώδες του εδάφους. Επειδή το πραγματικό ειδικό βάρος είναι σχετικά σταθερό, η παραπάνω σχέση δείχνει ότι το φαινόμενο ειδικό βάρος μικραίνει όσο το πορώδες του εδάφους μεγαλώνει. Επειδή το πορώδες των ελαφρών (αμμωδών) εδαφών είναι μικρότερο από αυτό των βαρειών (αργιλικών), τα πρώτα έχουν μεγαλύτερο φαινόμενο ειδικό βάρος από τα δεύτερα (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997).

1.2.5.4 Το ριζικό σύστημα των καλλιεργειών

Η ζώνη του ριζοστρώματος (RD) καθορίζει κατά κύριο λόγο το μέγεθος της εδαφικής δεξαμενής που περιέχει το χρήσιμο νερό για τις καλλιέργειες. Επιπροσθέτως, η κατανομή και η πυκνότητα των ριζών στη ζώνη αυτή καθορίζει το ποσοστό άντλησης της εδαφικής υγρασίας από τα διάφορα επίπεδά της. Για τους λόγους αυτούς είναι απαραίτητη η γνώση της κατανομής της πυκνότητας και του βάθους του κύριου όγκου των ριζών μιας καλλιέργειας, η οποία αναφέρεται σαν *η ζώνη του ριζοστρώματος*, ή απλώς *ριζόστρωμα*. Συνήθως το βάθος του ριζοστρώματος λαμβάνεται από Πίνακες στους οποίους δίνονται κάποιες ενδεικτικές τιμές για την κάθε καλλιέργεια (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997).

1.2.5.5 Η διαθέσιμη και η ωφέλιμη στις καλλιέργειες υγρασία

Στην άρδευση δεν μας ενδιαφέρει οποιαδήποτε εδαφική υγρασία και βάθος εδάφους, αλλά συγκεκριμένα η υγρασία ανάμεσα στην υδατοϊκανότητα και το σημείο μόνιμης μάρανσης στο βάθος της ζώνης του ριζοστρώματος. Η υγρασία αυτή λέγεται διαθέσιμη υγρασία και υπολογίζεται με τη σχέση

$$ASM = \frac{FC - PWP}{100} ASW \times RD, \text{ mm ή m}^3/\text{στρέμμα}$$

όπου ASM είναι η διαθέσιμη υγρασία σε mm πάχους υδάτινου στρώματος, FC και PWP είναι αντίστοιχα η υδατοϊκανότητα και το σημείο μόνιμης μάρανσης εκφρασμένα σαν ποσοστά % ξηρού βάρους, ASW είναι το φαινόμενο ειδικό βάρος που παίρνεται αδιάστατο και RD είναι το βάθος του ριζοστρώματος σε mm. Η υγρασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών, είναι μόνο ένα ποσοστό της διαθέσιμης υγρασίας, το μέγεθος του οποίου εξαρτάται από τον συνδυασμό των φυτικών, εδαφικών και κλιματικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή. Το κλάσμα αυτό της υγρασίας λέγεται ωφέλιμη υγρασία (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997).

1.2.6 Οι ανάγκες μιας καλλιέργειας σε νερό

Για την κανονική ανάπτυξη και μεγιστοποίηση της παραγωγής μιας καλλιέργειας, απαραίτητη είναι η τροφοδοσία της με νερό. Μια καλλιέργεια που αναπτύσσεται παίρνει από τις ρίζες νερό μαζί με διαλυμένα σε αυτό θρεπτικά στοιχεία, τα οποία μεταφέρονται μέσω των φυτικών ιστών σε όλο το φυτό. Το απαραίτητο για τα φυτά νερό μπορεί να προέρχεται είτε από την άρδευση της καλλιέργειας, είτε από βρόχινο νερό, είτε από υπόγεια νερά που βρίσκονται στην περιοχή της καλλιέργειας (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997).

Το νερό που χρειάζεται για την κανονική ανάπτυξη και βέλτιστη απόδοση μιας καλλιέργειας εκφράζεται με τον όρο ανάγκες σε νερό της

καλλιέργειας και αντιπροσωπεύεται από την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET_c) (Παπαζαφειρίου, 1984).

1.2.7.1 Εξατμισοδιαπνοή

Με τον όρο εξατμισοδιαπνοή εννοούμε την απώλεια νερού υπό μορφή υδρατμών, ως αποτέλεσμα δύο διαφορετικών διεργασιών, της διαπνοής των φυτών και της εξάτμισης από την επιφάνεια του εδάφους. Ο χρονικός και ποσοτικός διαχωρισμός της εξάτμισης και διαπνοής δεν είναι εύκολος γιατί και οι δύο διεργασίες συμβαίνουν ταυτόχρονα. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι κατά τα αρχικά στάδια εγκατάστασης μιας καλλιέργειας, η απώλεια νερού λόγω της εξάτμισής της από την επιφάνεια του εδάφους είναι αρκετά μεγάλη, ενώ σε μεταγενέστερο στάδιο όπου η φυτοκάλυψη αυξάνεται, η απώλεια νερού συμβαίνει κυρίως λόγω της διεργασίας της διαπνοής των φυτών (Allen et al., 1998).

Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (ET_o): Ορίζεται ως η εξατμισοδιαπνοή από μία φυτοκαλυμμένη επιφάνεια αναφοράς, η οποία μπορεί να είναι μία υποθετική καλλιέργεια γρασιδιού ή μηδικής, χωρίς περιορισμούς στη διαθεσιμότητα νερού και με χαρακτηριστικά συγκεκριμένα, ενώ η διαμόρφωσή της γίνεται μόνο από κλιματικούς παράγοντες.

Εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET_c): Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (ET_c) είναι το νερό που καταναλώνεται από μία καλλιέργεια που είναι ελεύθερη από κάθε είδους φυτικές ασθένειες, αναπτύσσεται σε μεγάλα χωράφια, χωρίς περιορισμούς στη διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων και επιτυγχάνει το μέγιστο της απόδοσης κάτω από τις συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσεται.

1.2.7.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή

Οι φυτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή είναι:

- Το είδος του φυτού, καθώς τα φυτικά είδη διαφέρουν μεταξύ τους σε ότι αφορά την εποχή που αναπτύσσονται, το βάθος και την

πυκνότητα του ριζικού συστήματος, την πυκνότητα και έκταση του φυλλώματος, το ύψος και όταν αυτά καλλιεργούνται ομαδικά, τον τρόπο σποράς και τις μεταξύ τους αποστάσεις (Penman, 1996, Παπαζαφειρίου, 1984, Allen et al., 1998).

- Η ανακλαστικότητα του φυλλώματος αλλά και του εδάφους, καθορίζοντας έτσι το ύψος της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από τις επιφάνειες που τη δέχονται. Έτσι επηρεάζεται κατά ανάλογο τρόπο και το ύψος της εξατμισοδιαπνοής. Η ανακλαστικότητα επηρεάζεται από το χρώμα και την τραχύτητα της επιφάνειας που δέχεται την ακτινοβολία (Monthieth, 1959, Haise et al., 1963, Παπαζαφειρίου, 1984, Allen et al., 1998).
- Το ποσοστό καλύψεως του εδάφους από το φύλλωμα ασκεί σημαντική επίδραση στη διαμόρφωση της εξατμισοδιαπνοής (Παπαζαφειρίου, 1984).
- Το ύψος των φυτών, καθώς επηρεάζεται το ποσοστό της άμεσης και έμμεσης ακτινοβολίας που δέχονται τα φυτά (Παπαζαφειρίου, 1984).
- Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή με έμμεσο τρόπο, σε σχέση με το επίπεδο της εδαφικής υγρασίας και τα χαρακτηριστικά του εδάφους (Παπαζαφειρίου, 1984).
- Το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας καθώς ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής δεν είναι σταθερός καθ' όλη τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου. Η εξατμισοδιαπνοή αυξάνει με γρήγορο ρυθμό από το φύτευμα μέχρι την πλήρη ανάπτυξη της καλλιέργειας, διατηρείται σταθερή για ένα χρονικό διάστημα και μετά ελαττώνεται.

Οι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή είναι:

- Η ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή η διαθεσιμότητα ενέργειας, καθώς χωρίς αυτή δεν μπορεί να γίνει εξάτμιση αλλά ούτε και διαπνοή απουσία φωτός.
- Η αεροδυναμική κατάσταση της ατμόσφαιρας, η οποία ρυθμίζει την ταχύτητα με την οποία απομακρύνονται οι υδρατμοί από την περιοχή του φυλλώματος και προσδιορίζει τον ρυθμό της εξατμισοδιαπνοής

- Θερμοκρασία εδάφους και αέρα επηρεάζουν έμμεσα την εξατμισοδιαπνοή καθώς επηρεάζουν την ταχύτητα ανάπτυξης των φυτών.
- Η σχετική υγρασία του αέρα, αφού έχει αποδειχθεί ότι μεγάλη σχετική υγρασία μειώνει την εξατμισοδιαπνοή.

Τέλος, οι καλλιεργητικές τεχνικές που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών όπως:

- Η εφαρμογή λιπασμάτων
- Ο έλεγχος ασθενειών και εντόμων
- Η μέθοδος άρδευσης που χρησιμοποιείται
- Η κατεργασία του εδάφους

1.2.7.3 Υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής

Η ολοένα αυξανόμενη απαίτηση για νερό και το διαρκώς αυξανόμενο κόστος ενέργειας που απαιτείται για να μεταφερθεί, επιβάλλουν τη βελτίωση των μεθόδων διαχείρισης των υδατικών πόρων και συνεπώς την επακριβή εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής μιας καλλιέργειας. Μέχρι τώρα, έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι για την άμεση και έμμεση μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής (Τσακίρης, Γ., 1995).

Οι άμεσες μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής έχουν σαν αρχή παρακολούθησης το νερό που μπαίνει στο έδαφος με άρδευση ή βροχή και τη μεταβολή της εδαφικής υγρασίας κατά τη διάρκεια της βλαστικής περιόδου ή μέρους αυτής. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι η μέθοδος των πειραματικών αγροτεμαχίων, η μέθοδος των διαδοχικών δειγματοληψιών, η μέθοδος του ισοζυγίου υγρασίας και η μέθοδος του λυσίμετρου (Παπαζαφειρίου, 1984).

Οι έμμεσες μέθοδοι βασίζονται στον υπολογισμό συγκεκριμένων παραμέτρων. Αυτές μπορεί να είναι μικροκλιματικές, οπότε διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, την αεροδυναμική μέθοδο, τη μέθοδο του ισοζυγίου της ενέργειας και τις μικτές μεθόδους που είναι συνδυασμός των δύο

προηγούμενων. Επίσης, υπάρχουν μέθοδοι για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής, οι οποίες βασίζονται σε κλιματικά δεδομένα όπως η μέθοδος Thornthwaite (1948), η μέθοδος των Blaney-Criddle (1950), η μέθοδος των Jensen-Haise (1963), η μέθοδος Penman (1963) και η μέθοδος FAO-56 Penman-Monteith. Γενικά η μέθοδος Penman-Monteith θεωρείται ότι είναι η πιο ακριβής μέθοδος υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997).

1.2.7.4 Υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής

Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας υπολογίζεται για τις ετήσιες καλλιέργειες ανά στάδιο ανάπτυξης και για τις υπόλοιπες ανά μήνα. Αρχικά υπολογίζεται η βασική εξατμισοδιαπνοή με τις μεθόδους που αναφέρθηκαν και στη συνέχεια πολλαπλασιάζεται με τον κατάλληλο σε κάθε περίπτωση φυτικό συντελεστή K_c (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997). Έτσι προκύπτει η σχέση:

$$ET_c = k_c E_{Tr} \quad \text{ή} \quad k_c = ET_c / E_{Tr}$$

1.2.8 Άρδευση των καλλιεργειών

Οι ανάγκες των καλλιεργειών σε νερό προσδιορίζονται από την πραγματική εξατμισοδιαπνοή. Με φυσικό τρόπο οι ανάγκες αυτές μπορούν να καλυφθούν από τη βροχή, το υπόγειο νερό και το νερό που είναι αποθηκευμένο στο έδαφος στη ζώνη του ριζοστρώματος. Σε περίπτωση που οι τρεις αυτές πηγές είναι ανεπαρκείς, είναι αναγκαίο για την κανονική ανάπτυξη και απόδοση των καλλιεργειών να δοθεί πρόσθετο νερό με άρδευση.

1.2.9 Μέθοδοι άρδευσης

Σκοπός μιας επιτυχημένης άρδευσης είναι να φτάσει η υγρασία της ζώνης του ριζοστρώματος στην υδατοϊκανότητα δηλαδή να εφοδιάσει το

έδαφος με νερό όσο είναι το καθαρό βάθος αρδεύσεώς του. Το αρδευτικό νερό μπορεί να εφαρμοστεί στο χωράφι με διάφορους τρόπους ανάλογα την καλλιέργεια, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής, το έδαφος και το φυσικό νερό που υπάρχει σε αυτό, την κλίση, το υψόμετρο, τη δυσκολία εύρεσης και μεταφοράς του νερού καθώς επίσης και τις τάσεις που διαμορφώνονται σήμερα στον τομέα των αρδεύσεων (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997, Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004).

Οι μέθοδοι αρδεύσεως διακρίνονται, με βάση τον τρόπο εφαρμογής του νερού, σε επιφανειακές μεθόδους, καταιονισμό και στάγδην άρδευση. Στην επιφανειακή μέθοδο άρδευσης τώρα, το νερό εφαρμόζεται στο χωράφι είτε στατικά είτε κινούμενο, οπότε η μέθοδος χωρίζεται σε οριζόντια και κεκλιμένη άρδευση, ανάλογα την κλίση του χωραφιού. Στην οριζόντια άρδευση ανήκει η μέθοδος της κατακλύσεως ή των λεκανών, ενώ στην κεκλιμένη άρδευση ανήκει η μέθοδος της περιορισμένης διαχύσεως και η μέθοδος των αυλάκων (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997).

1.2.9.1 Στάγδην άρδευση ή άρδευση με σταγόνες

Κατά τη μέθοδο αυτή το νερό εφαρμόζεται στο έδαφος σε μικρές ποσότητες, με τη μορφή σταγόνων, έτσι ώστε κάθε φυτό να εφοδιάζεται ξεχωριστά με την απαραίτητη για την ανάπτυξη και απόδοση υγρασία. Η μέθοδος αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια στο πλαίσιο του περιορισμού της σπατάλης αρδευτικού νερού. Επίσης, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε περιοχές με περιορισμένη παροχή νερού, υψηλό κοστολόγιο στο αρδευτικό νερό ή στα εργατικά χέρια. Τέλος, εκτός από την αξιοποίηση μικρών παροχών νερού, μπορεί να εφαρμοστεί και σε περιοχές όπου το έδαφος είναι ανώμαλο, χωρίς να είναι απαραίτητη η ισοπέδωση του εδάφους πρώτα (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997).

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα στάγδην άρδευσης αποτελείται από τους διανεμητές ή σταλακτήρες, τα δίκτυα μεταφοράς και εφαρμογής και από τη μονάδα ελέγχου ή κεφαλή. Η μονάδα ελέγχου ή κεφαλή αποτελείται από φίλτρα, συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων, ρυθμιστές πίεσης και μετρητές

ροής. Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από κύριους και δευτερεύοντες αγωγούς που σκοπό έχουν να μεταφέρουν το νερό που χρειάζεται με την απαιτούμενη πίεση στις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής (Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1997).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Πειραματικός Αγρός

Η καλλιέργεια του τσαγιού *Sideritis raeseri*, (3^η καλλιεργητική περίοδος, 2017), αποτέλεσε το πειραματικό μέρος της μεταπτυχιακής διατριβής με θέμα «Αποτελέσματα της ανάπτυξης του φυτού “Τσάι του Βουνού” σε χαμηλό υψόμετρο με την εφαρμογή άρδευσης (Τρίτη καλλιεργητική περίοδος)». Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Βελεστίνου, στο αγρόκτημα της σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Η περιοχή του Βελεστίνου βρίσκεται δυτικά σε σχέση με την πόλη του Βόλου, ενώ το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας είναι 70 μέτρα. Λόγω των ηπειρωτικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή παρατηρούνται ζεστά και ξηρά καλοκαίρια εναλλασσόμενα με ψυχρούς και υγρούς χειμώνες. Το έδαφος της περιοχής του αγροκτήματος είναι μέτριας έως χαμηλής οργανικής ουσίας, ασβεστούχο, αργιλοπηλώδες και καλά στραγγιζόμενο. Η υφή του εδάφους χαρακτηρίζεται αμμοαργιλοπηλώδης έως και αργιλώδης, ενώ η κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη. Το pH του βρίσκεται είναι αλκαλικό και έχει καλά αναπτυγμένο πορώδες, το οποίο αποτελείται από μικρούς και μεσαίου μεγέθους πόρους (Μήτσιος et al., 2000).

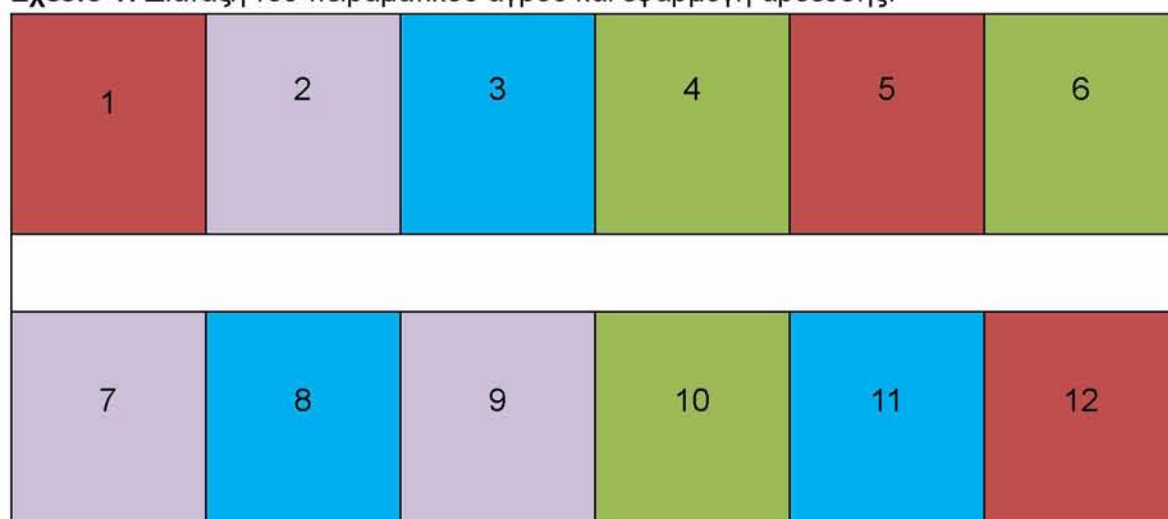
2.2 Διάταξη του πειραματικού αγρού – Μεταχειρίσεις

Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το σχέδιο τυχαιοποιημένων πλήρων ομάδων, με τέσσερις μεταχειρίσεις και τρεις επαναλήψεις. Συνολικά τα πειραματικά τεμάχια ήταν 12.

- Στην πρώτη μεταχείριση δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση και χρησιμοποιήθηκε ως μάρτυρας (Πειραματικά τεμάχια 1, 5, 12, Σχέδιο 1).
- Στην δεύτερη μεταχείριση εφαρμόστηκε ποσότητα άρδευσης ίση με το 50% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας (Πειραματικά τεμάχια 2, 7, 9, Σχέδιο 1).

- Στην τρίτη μεταχείριση εφαρμόστηκε ποσότητα άρδευσης ίση με το 75% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας (Πειραματικά τεμάχια 3, 8, 11, Σχέδιο 1).
- Στην τέταρτη μεταχείριση εφαρμόστηκε ποσότητα άρδευσης ίση με το 100% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας (Πειραματικά τεμάχια 4, 6, 10, Σχέδιο 1).

Σχέδιο 1: Διάταξη του πειραματικού αγρού και εφαρμογή άρδευσης.



2.3 Καλλιεργητικές εργασίες

Οι καλλιεργητικές εργασίες πριν τη φύτευση του τσαγιού περιλάμβαναν κατεργασία του εδάφους με βαθύ καλλιεργητή, και στη συνέχεια, μερικές μέρες πριν τη φύτευση ένα ελαφρύ φρεζάρισμα για αναμόχλευση και απομάκρυνση των ζιζανίων.

Η φύτευση πραγματοποιήθηκε στις 24 Μαρτίου του 2015. Χρησιμοποιώντας σκαλιστήρι χειρός ανοίχτηκαν 6 αυλάκια βάθους 4-5 cm για κάθε επανάληψη. Η ισαποχή των αυλακιών ήταν 50 cm. Η φύτευση του τσαγιού έγινε με το χέρι σε αποστάσεις 50cm ανά φυτό. Μετά τη φύτευση δεν ακολούθησε λιπαντική αγωγή. Στις 21 Απριλίου έγινε η εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος (Παναγιώτου, 2016).

Την καλλιεργητική περίοδο 2017 και πιο συγκεκριμένα από αρχές Μαρτίου ξεκίνησαν τα πρώτα βοτανίσματα με το χέρι ανάμεσα στα φυτά, έτσι ώστε να

καθαριστεί ο αγρός από τα ζιζάνια. Τα βοτανίσματα συνεχίστηκαν μέχρι και το τέλος του Φθινοπώρου (τέλη Νοεμβρίου) καθώς η καλλιέργεια ήταν αρδευόμενη και αυτό υποβοηθούσε αρκετά την ανάπτυξη των ζιζανίων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο μόνος τρόπος αντιμετώπισης των ζιζανίων ήταν με τα χέρια καθώς βρισκόμασταν στην τρίτη καλλιεργητική περίοδο και το τσάι είχε γίνει αρκετά πυκνό. Συνεπώς, η χρήση σκαλιστηριών ήταν αδύνατη, εκτός από τα διαστήματα ανάμεσα στα πειραματικά τεμάχια (Εικόνες 5, 6 & 7).

Τα είδη των ζιζανίων που συναντήθηκαν περισσότερο ήταν ο βέλλιουρας (*Sorghum halepense*), η περικοκλάδα (*Convolvulus arvensis*), η αγριάδα (*Cynodon dactylon*) και στα διαστήματα η αγριομελιτζάνα (*Xanthium strumarium*) και ο γερμανός (*Solanum elaeagnifolium*).



Εικόνα 5: Ο πειραματικός αγρός πριν το βοτάνισμα.



Εικόνες 6 & 7: Ο πειραματικός αγρός μετά το βοτάνισμα.

Στον πειραματικό αγρό δεν έγιναν άλλες καλλιεργητικές επεμβάσεις. Δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιας μορφής λίπανση, δεν έγινε ψεκασμός για την καταπολέμηση κάποιας ασθένειας ούτε ψεκασμός για την καταπολέμηση εντόμων, αφού καθ' όλη τη διάρκεια της περιόδου δεν εμφανίστηκε κάποια προσβολή.

2.4 Σύστημα άρδευσης

Στην πειραματική καλλιέργεια χρησιμοποιήθηκε το επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης (Εικόνα 8) λόγω των πολλαπλών πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει (Postel, 2000, Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004, Luquet, 2005):



Εικόνα 8: Το σύστημα στάγδην άρδευσης στον πειραματικό αγρό.

Κατά τη στάγδην άρδευση το νερό προμηθεύεται απευθείας στο ριζικό σύστημα του κάθε φυτού με μικρές παροχές (της τάξεως των 2-10 λίτρων την ώρα), ενώ οι αρδεύσεις γίνονται πιο συχνά σε σχέση με άλλες μεθόδους άρδευσης. Έτσι έχουμε τις μικρότερες δυνατές απώλειες αρδευτικού νερού (λόγω εξάτμισης, απορροής ή βαθιάς διήθησης). Σε σύγκριση με άλλες μεθόδους άρδευσης, η στάγδην άρδευση προσαρμόζεται καλύτερα σε κεκλιμένα ή ανώμαλης τοπογραφίας εδάφη. Επίσης, το σύστημα είναι επιδεικτικό αυτοματισμών, που σημαίνει ότι εφόσον έχει εγκατασταθεί και ρυθμιστεί κατάλληλα, παρέχει τη δυνατότητα επαρκούς ελέγχου των χορηγούμενων ποσοτήτων νερού, καθώς επίσης και τη δυνατότητα, με κατάλληλο εξοπλισμό να προ-διαλύεται λίπασμα και να χορηγείται μαζί με το

νερό άρδευσης στο κάθε φυτό. Τέλος, σημαντικά πλεονεκτήματα της επιφανειακής άρδευσης με σταγόνες, είναι η μειωμένη παρουσία ζιζανίων, καθώς περιορίζεται πολύ η υγρή περιοχή στο έδαφος, ενώ κατά την εφαρμογή της δεν υπάρχουν διακοπές από ανέμους, όπως συμβαίνει στον καταιονισμό.

Τα μειονεκτήματα της στάγδην άρδευσης είναι αρχικά το σχετικά υψηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης. Επίσης απαιτείται η χρήση κατά το δυνατόν καθαρού νερού, και ο προσεκτικός και αποτελεσματικός καθαρισμός από αιωρούμενα υλικά. Για το λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται και διάφορες μέθοδοι καθαρισμού (λεκάνες ηρεμίας για καθίζηση φερτών υλικών, φίλτρα) στην κεφαλή του δικτύου διανομής του νερού αλλά και στις γραμμές άρδευσης, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι εμφράξεις των σταλακτήρων. Ακόμη, σε περίπτωση μειωμένων βροχοπτώσεων, υπάρχει κίνδυνος συσσώρευσης αλάτων αλλά και εμφάνιση πιθανών τροφοπενιών καθώς το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται πάντοτε στο τμήμα του εδάφους που συνεχώς υγραίνεται από τους σταλακτήρες. Εάν λείπουν έστω και μικρές ποσότητες θρεπτικών στοιχείων από το κάθε φυτό, οι ρίζες του δεν εκτείνονται πέραν της περιοχής ύγρανσης, ώστε να αντλήσουν τα θρεπτικά στοιχεία που τους λείπουν. Αυτό το θέμα αντιμετωπίζεται με τη συνεπή εφαρμογή των υπολογισμένων δόσεων λίπανσης μαζί με την άρδευση.

Στη παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, το σύστημα άρδευσης αποτελούνταν από τη μονάδα ελέγχου και από τα δίκτυα μεταφοράς και εφαρμογής. Η μονάδα ελέγχου περιλάμβανε, ένα φίλτρο σίτας, τρία υδρόμετρα (ένα για κάθε μεταχείριση, ηλεκτροβάνες και τρεις ηλεκτροβάνες συνεχούς ρεύματος με ενσωματωμένο προγραμματιστή άρδευσης (Εικόνες 9 & 10), με σκοπό την αυτοματοποίησή της. Η τροφοδοσία της καλλιέργειας με νερό γινόταν με σωλήνα Φ32 και με τη βοήθεια μιας υποβρύχιας αντλίας η οποία λάμβανε νερό από δεξαμενή συνολικού όγκου 50 m³. Το δίκτυο μεταφοράς περιλάμβανε τους κύριους αγωγούς μεταφοράς και του αγωγούς τροφοδοσίας. Οι κύριοι αγωγοί μεταφοράς ήταν κατασκευασμένοι από πολυαιθυλένιο, διαμέτρου 32 mm, ενώ η πίεση λειτουργίας αντιστοιχούσε σε 6 atm και μετέφεραν το νερό στους αγωγούς τροφοδοσίας. Οι αγωγοί τροφοδοσίας ήταν διαμέτρου 25 mm, ενώ η πίεση λειτουργίας ήταν επίσης 6

atm. Μετέφεραν το νερό στους σταλακτηφόρους σωλήνες, οι οποίοι ήταν κατασκευασμένοι από μαλακό πολυαιθυλένιο και είχαν διάμετρο 20 mm. Οι σταλακτηφόροι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε κάθε γραμμή φυτών. Έφεραν εντός τους σταλάκτες, με ισαποχή 50 cm επί των σωλήνων, δηλαδή ένας για κάθε φυτό. Η ονομαστική παροχή τους ήταν 4 lt/h και ήταν αυτοκαθαριζόμενοι και αυτορυθμιζόμενοι, σε ευρύ πεδίο πιέσεων, με σκοπό να διατηρούν σταθερή σε όλο το μήκος της γραμμής άρδευσης την παροχή.



Εικόνες 9 & 10: Προγραμματιστής Άρδευσης και Υδρόμετρο αντίστοιχα στον Πειραματικό αγρό.

2.5 Υπολογισμός των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό

Για το υπολογισμό αρχικά των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό και τελικά της απαιτούμενης δόσης άρδευσης, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τον αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Υδραυλικής, ο οποίος βρισκόταν κοντά στον πειραματικό αγρό. Τα δεδομένα αυτά αφορούσαν τη μέση θερμοκρασία (°C/δεκαήμερο) και τη μέση βροχόπτωση (mm/δεκαήμερο) για την τελευταία 25ετία, αλλά και για το έτος 2017.

Οι περισσότερες επιρροές από τις κλιματικές συνθήκες είναι ενσωματωμένες στην εκτίμηση της ΕΤο. Μοναδικοί παράγοντες που επιδρούν στην ΕΤο είναι οι κλιματικοί και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας αναφοράς (καλλιέργεια αναφοράς) (Παπαζαφειρίου, 1984). Καθώς όμως η διαθεσιμότητα των παραπάνω παραμέτρων δεν είναι πάντοτε δυνατή για

διάφορους τύπους καλλιεργειών και κάτω από συγκεκριμένες κλιματολογικές συνθήκες, η χρήση των φυτικών συντελεστών K_c σε συνδυασμό με την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς ET_o θα μπορούσε να οδηγήσει στην εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας ET_c από τον λόγο: $ET_c/ET_o = K_c$ (Παπαζαφειρίου, 1984).

Επομένως καθώς η ET_o αντιπροσωπεύει τον δείκτη επίδρασης των κλιματικών συνθηκών ο K_c διαφοροποιείται με τα ειδικά χαρακτηριστικά κάθε καλλιέργειας και επηρεάζεται μόνο από περίπτωση ακραίων κλιματικών συνθηκών. Αυτό το γεγονός παρέχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιείται το K_c σε διαφορετικές περιοχές και κλίματα. Αυτός είναι ο πρωταρχικός λόγος της εκτεταμένης αποδοχής του και της χρησιμότητας της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας.

Συνεπώς ο φυτικός συντελεστής K_c ενσωματώνει όλα τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν μια τυπική καλλιέργεια από την καλλιέργεια αναφοράς η οποία έχει πάντα σταθερά χαρακτηριστικά και πλήρη εδαφική κάλυψη και επιπρόσθετα το K_c δεν διαφοροποιείται μόνο από τον τύπο κάθε καλλιέργειας αλλά επηρεάζεται φυσικά και από τα στάδια ανάπτυξης κάθε καλλιέργειας (Παπαζαφειρίου, 1984). Στην συγκεκριμένη μελέτη ο φυτικός συντελεστής K_c για τα διάφορα στάδια ανάπτυξης του φυτού ανακτήθηκε βιβλιογραφικά (FAO, 2011).

Έτσι, αρχικά, με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα υπολογίστηκε η ημερήσια ET_o , μέσω της εξίσωσης FAO–56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998), όπως αναφέρεται παρακάτω:

$$ET_o = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_2)}$$

Όπου:

ET_o : ημερήσια εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm day^{-1}).

R_n : καθαρή ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της καλλιέργειας ($\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$).

G : πυκνότητα ροής θερμότητας στο έδαφος ($\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$).

T: μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στα 2m ύψος ($^{\circ}\text{C}$).

u_2 : ταχύτητα του ανέμου στο ύψος των 2m ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

e_s : πίεση κορεσμένων υδρατμών του αέρα (kPa).

e_a : πραγματική πίεση υδρατμών του αέρα (kPa).

$e_s - e_a$: το έλλειμμα κορεσμού υδρατμών (kPa).

Δ : κλίση της καμπύλης πίεσης κορεσμού των υδρατμών του αέρα ($\text{kPa}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$).

γ : ψυχομετρική σταθερά ($\text{kPa}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Παρατηρούμε ότι η εξίσωση απαιτεί πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία (γεωγραφικό πλάτος και υψόμετρο), την θερμοκρασία ανέμου (μέσες ημερήσιες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες σε $^{\circ}\text{C}$), την υγρασία (μέση ημερήσια πραγματική πίεση υδρατμών του αέρα e_a σε kPa), την ακτινοβολία (μέση ημερήσια καθαρή ακτινοβολία σε $\text{MJ}/\text{m}^2 \text{ day}$) και την ταχύτητα ανέμου (μέση ημερήσια ταχύτητα ανέμου σε m/sec), μετρημένη σε ύψος 2m πάνω από το έδαφος (Allen et al., 1998).

Αμέσως μετά υπολογίσθηκε η ET_c της καλλιέργειας, με βάση την ET_o και τον συντελεστή καλλιέργειας (K_c), χρησιμοποιώντας την παρακάτω σχέση (Allen et al., 1998):

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Όπου:

ET_c : η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (mm/day).

K_c : συντελεστής που εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας.

ET_o : η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm/day).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι ο K_c όχι μόνο διαφοροποιείται από καλλιέργεια σε καλλιέργεια, αλλά παρουσιάζει και διακύμανση στην ίδια την καλλιέργεια, κατά τα διάφορα στάδια της ανάπτυξής της.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον K_c , εκτός από τα παραπάνω, είναι ακόμη το ύψος της καλλιέργειας, η ανακλαστικότητα α (albedo) του εδάφους και της φυτοκόμης, η εξάτμιση από το έδαφος, η αντίσταση στην μεταφορά

των υδρατμών από την καλλιέργεια στο περιβάλλον που παρουσιάζει η φυτοκόμη, οι καλλιεργητικές τεχνικές κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης των φυτών, η συχνότητα των αρδεύσεων και των βροχών κ.ά. (Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997; Allen et al., 1998).

Επίσης υπολογίστηκε το ωφέλιμο ύψος της βροχόπτωσης (ΩB) σε mm, το οποίο υπολογίζεται όταν το ύψος βροχόπτωσης (B) πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή 0,8 (Μιχελάκης, 1998; Παπαζαφειρίου, 1999), δηλαδή:

$$\Omega B = 0,8 \times B$$

Υπολογίστηκαν οι ημερήσιες καθαρές ανάγκες σε αρδευτικό νερό (I_n), σε mm. Όταν δεν υπάρχει βροχόπτωση, είναι ίσες με την ET_c ($I_n = ET_c$). Σε περίπτωση που υπάρχει βροχόπτωση, για τον υπολογισμό της I_n θα πρέπει να αφαιρέσουμε από την ET_c την ΩB , δηλαδή χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$I_n = ET_c - \Omega B$$

Υπολογίστηκε η δόση άρδευσης (I_{da}) σε mm, η οποία και αντιστοιχεί στη μεταχείριση που δέχτηκε το 100 % των αναγκών σε νερό

Μετρήθηκαν οι σταλάκτες ανά φυτό (n), που όπως αναφέρθηκε παραπάνω ήταν ένας, υπολογίζεται όμως και από τη σχέση:

$$n = SI/Se$$

όπου:

$SI=0,5$ m, η απόσταση των σταλακτηφόρων σωλήνων μεταξύ τους και

$Se=0,5$ m, η ισαποχή των σταλακτών επί των σταλακτηφόρων σωλήνων.

Υπολογίστηκε το ωριαίο ύψος βροχής του κάθε σταλάκτη (I_{dh}) σε mm/h, χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$I_{dh} = (q \times n)/(St \times Sr)$$

όπου:

$q=4l\ h^{-1}$, η παροχή του σταλάκτη,

$St=0,5$ m, η απόσταση των φυτών επί της σειράς και

$Sr=0,5$ m, η απόσταση μεταξύ των σειρών της καλλιέργειας

Προσδιορίστηκε η διάρκεια της άρδευσης (I_t) σε h, η οποία υπολογίστηκε από τη δόση της άρδευσης (I_{da}) και το ωριαίο ύψος βροχής του κάθε σταλάκτη (I_{dh}), δηλαδή χρησιμοποιήθηκε η σχέση:

$$I_t = I_{da}(100\%)/I_{dh}$$

Στη συνέχεια έγινε ο υπολογισμός και για τις δύο άλλες μεταχειρίσεις 75 % και 50 % αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας τις σχέσεις:

$$I_{da}(75\%) = I_{da}(100\%) \times 0,75 \text{ και}$$

$$I_{da}(50\%) = I_{da}(100\%) \times 0,50$$

Τέλος, προσδιορίστηκε το εύρος άρδευσης.

Για τον σχεδιασμό του προγράμματος άρδευσης, λήφθηκε υπόψη ότι η δόση και το εύρος άρδευσης θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε η περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία, να πλησιάζει την υδατοϊκανότητά του (FC) και να μεσολαβεί κατάλληλος αριθμός ημερών μεταξύ των αρδεύσεων.

Επομένως υπολογίστηκε αρχικά η θεωρητική δόση άρδευσης, για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου, την οποία δεν θα πρέπει να υπερβαίνει η αθροιστική ημερήσια εξατμισοδιαπνοή μεταξύ δυο διαδοχικών αρδεύσεων και εν συνεχεία το εύρος άρδευσης.

Οι παράμετροι που απαιτούνται για να υπολογισθεί η θεωρητική δόση άρδευσης, βασίζονται στα εδαφολογικά στοιχεία του πειραματικού αγρού και είναι οι παρακάτω (Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004):

- η υδατοϊκανότητα του εδάφους (FC),
- το σημείο μόνιμης μάρανσης (PWP) και
- το βάθος του ριζοστρώματος (RD), για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου.

Άλλα απαραίτητα μεγέθη, των οποίων οι τιμές θα πρέπει να είναι γνωστές, για να υπολογισθεί το εύρος άρδευσης είναι:

- το όριο εξάντλησης της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας (C),
- το ποσοστό διαβροχής του εδάφους (P),
- τα χαρακτηριστικά του συστήματος άρδευσης, όπως η παροχή q και ο αριθμός σταλακτών ανά φυτό (n), ο βαθμός απόδοσης συστήματος ($E_d=0,95$) και η ισαποχή σταλακτών επί των σταλακτηφόρων σωλήνων (Se),

- η απόσταση μεταξύ των σειρών της καλλιέργειας (Sr),
- η απόσταση των φυτών επί της σειράς (St) και η
- η μέση ημερήσια εξατμισοδιαπνοή (ETd), για κάθε μήνα της αρδευτικής περιόδου, από τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής.

Οι παραπάνω παράμετροι και οι σχέσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς, αναφέρονται στους παρακάτω Πίνακες 2 & 3, Παραρτήματα Πινάκων.

Η παραπάνω μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκε μόνο για τον υπολογισμό της θεωρητικής δόσης άρδευσης και του εύρους άρδευσης.

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4, Παραρτήματα Πινάκων, κατά τη διάρκεια της τρίτης καλλιεργητικής περιόδου και μέχρι τη συγκομιδή στις 19 Μαΐου, έγιναν συνολικά οχτώ αρδεύσεις. Πιο αναλυτικά, στη μεταχείριση που εφαρμόστηκε το 100% της απαιτούμενης άρδευσης, η καλλιέργεια αρδεύτηκε με 153,84 mm νερού ή $\text{m}^3/\text{στρέμμα}$. Στη μεταχείριση που εφαρμόστηκε το 75% της απαιτούμενης άρδευσης, η καλλιέργεια αρδεύτηκε με $153,84 \times 75\% = 115,38 \text{ mm}$ ή $\text{m}^3/\text{στρέμμα}$.

Η ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε, ο αριθμός και η διάρκεια των αρδεύσεων και για τις τρεις μεταχειρίσεις (50%, 75% και 100%), σύμφωνα με την μέθοδο FAO–56 Penman-Monteith, παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 4, Παραρτήματα Πινάκων.

2.6 Συγκομιδή του τσαγιού

Η συγκομιδή του τσαγιού έγινε στις 19 Μαΐου του 2017, χειρωνακτικά. Η καλλιέργεια βρισκόταν σε πλήρη άνθιση (Εικόνα 11). Η συγκομιδή έγινε με μικρά δρεπανάκια και μικρά μαχαίρια (Εικόνα 12). Απαραίτητο ήταν μαζί με την ταξιανθία να κοπεί και ένα τμήμα βλαστού, μήκους περίπου 5-6 cm. Στη συνέχεια, οι δυο με τρεις χεριές δένονταν σε «ματσάκια» ή δεματάκια (Εικόνες 13 & 14), έτσι ώστε να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις (μέτρηση χλωρού-ξηρού βάρους, μήκος βλαστών) και να τοποθετηθούν σε σκιερό και καλά αεριζόμενο χώρο του πανεπιστημίου για ξήρανση.



Εικόνες 11 & 12: Η καλλιέργεια του τσαγιού σε πλήρη άνθιση και η συγκομιδή του με μικρό δρεπάνι αντίστοιχα.



Εικόνες 13 & 14: Δέσιμο των ταξιανθιών σε ματσάκια και μεταφορά τους στο εργαστήριο αντίστοιχα.

2.7 Ξήρανση

Οι ταξιανθίες που συγκομίστηκαν μεταφέρθηκαν αμέσως στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο, κατάλληλο για την ξήρανσή τους. Η διαδικασία της ξήρανσης θεωρείται από τα πιο σημαντικά στάδια της καλλιέργειας του τσαγιού, καθώς θα πρέπει να υπάρχει σωστός αερισμός για να μην "ανάψει", ενώ η ξήρανσή θα πρέπει να γίνεται σε σκιερό μέρος αλλιώς το τσάι αποχρωματίζεται και υποβαθμίζεται ποιοτικά (Χατζοπούλου, 2016).

Η ξήρανση ολοκληρώνεται όταν οι ανθοφόροι βλαστοί αποκτούν πρασινοκίτρινο χρώμα και έχει χαθεί το μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας (Εικόνα 15)



Εικόνα 15: Η ξήρανση του τσαγιού στον ειδικά διαμορφωμένο χώρο του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

2.8 Μετρήσεις

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν μόνο τις τρεις από τις τέσσερις μεταχειρίσεις, καθ' ότι όπως προαναφέρθηκε, η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διατριβή αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης έρευνας. Οι μεταχειρίσεις που επιλέχθηκαν ήταν ο μάρτυρας, δηλαδή δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση (0%), και οι μεταχειρίσεις στις οποίες εφαρμόστηκε 75% και 100% της απαιτούμενης δόσης άρδευσης. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν το ύψος των φυτών (σε cm), το χλωρό και ξηρό βάρος (βιομάζα σε gr) της παραγωγής, ενώ στο τέλος έγιναν και ποιοτικές αναλύσεις. Ακολούθησε στατιστική ανάλυση των δεδομένων για την εξαγωγή αποτελεσμάτων – συμπερασμάτων.

Για να διευκολυνθεί η διαδικασία των μετρήσεων και των υπολογισμών, σε κάθε ένα από τα 12 πειραματικά τεμάχια επιλέχθηκαν τυχαία 10 φυτά, προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις και στην συνέχεια η αναγωγή αυτών σε έκταση ενός στρέμματος. Γνωρίζοντας τις αποστάσεις

φύτευσης των φυτών επί των σειρών, υπολογίστηκε ο αριθμός τους (γύρω στα 4.000 στο στρέμμα).

2.8.1 Μέτρηση ύψους

Η μέτρηση του ύψους των φυτών έγινε στον πειραματικό αγρό, αμέσως μετά τη συγκομιδή τους (Εικόνα 16). Σε κάθε μία από τις τέσσερις μεταχειρίσεις και στις τρεις επαναλήψεις μετρήθηκαν συνολικά 30 φυτά, από τα οποία υπολογίστηκε ο μέσος όρος του ύψους των φυτών ανά μεταχείριση.



Εικόνα 16: Μέτρηση του ύψους των φυτών στον πειραματικό αγρό.

2.8.2 Μέτρηση χλωρού - Ξηρού Βάρους

Αμέσως μετά τη συγκομιδή, τα δεματάκια τσαγιού μεταφέρθηκαν αμέσως στο Εργαστήριο Υδραυλικής, όπου και ζυγίστηκαν σε ζυγαριά ακριβείας (Εικόνα 17 & 18). Ο μέσος όρος προέκυψε όπως και παραπάνω και μετά έγινε αναγωγή στο στρέμμα. Στη συνέχεια τα δέματα τοποθετήθηκαν για αποξήρανση και αφέθηκαν για περίπου δύο εβδομάδες. Μετά την ξήρανσή τους, τα δείγματα ξανά ζυγίστηκαν για να βρεθεί το ξηρό βάρος τους. Έτσι ήταν εφικτό να υπολογιστεί και η οικονομική απόδοση της καλλιέργειας.



Εικόνα 17 & 18: Μέτρηση σε ζυγαριά ακριβείας το χλωρό και ξηρό βάρος αντίστοιχα.

2.8.3 Ανάλυση ποιοτικών χαρακτηριστικών

Για να διαπιστωθεί, ποιοτικά η διαφορά των φυτών ανάλογα με το ποσοστό της δόσης άρδευσης που εφαρμόστηκε, έγινε ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της πειραματικής καλλιέργειας στο ΤΕΙ Λάρισας, στο εργαστήριο Αρωματικών-Ελαιούχων και Φαρμακευτικών φυτών. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε για κάθε μία από τις τρεις μεταχειρίσεις (0%, 75%, 100% της απαιτούμενης δόσης άρδευσης) και περιγράφεται παρακάτω:

Ομογενοποιήθηκαν φύλλα, άνθη και στέλεχος φυτών μαζί σε μύλο. Στη συνέχεια, 3 g ομογενοποιημένου δείγματος διηθήθηκαν σε 100 ml βρασμένο, απεσταγμένο νερό για 10 λεπτά. Το εκχύλισμα που δημιουργήθηκε εξετάστηκε για περιεκτικότητα σε ολικές φαινόλες, καθώς επίσης υπολογίστηκε και η αντιοξειδωτική του ικανότητα. Οι ολικές φαινόλες εκφράστηκαν ως ισοδύναμο Γαλλικού οξέος με το αντιδραστήριο Folin, σύμφωνα με τη μέθοδο Singleton and Rossi, 1965. Η αντιοξειδωτική ικανότητα εκφράστηκε ως $\mu\text{mol FRAP}/3\text{g DW}$ σύμφωνα με την μέθοδο FRAP (Benzie and Strain, 1999).

2.9 Στατιστική Ανάλυση

Για την πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS v.18. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία **ONEWAY ANOVA** (statistics descriptives, missing analysis και posthoc=duncan lsd alpha(0.05)) του λογισμικού – στατιστικού πακέτου,

καθώς έπρεπε να γίνει σύγκριση μεταξύ των μεταχειρίσεων (0%, 75% και 100%) για το χλωρό και ξηρό βάρος καθώς και για το ύψος των φυτών ενός παράγοντα (ποσότητα δόσης άρδευσης).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Μετεωρολογικά Δεδομένα

Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές θερμοκρασίας (°C/δεκαήμερο) και βροχόπτωσης (mm/δεκαήμερο) κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2017, καθώς και οι μέσες τιμές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για την τελευταία 25ετία.



Διάγραμμα 1: Διακύμανση ανά δεκαήμερο μέσης θερμοκρασίας και βροχόπτωσης για το έτος 2017 και για την τελευταία 25ετία.

Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα, στο 1^ο δεκαήμερο του Μαρτίου, το ύψος της βροχόπτωσης ήταν υψηλότερο σε σχέση με την τελευταία 25ετία, δηλαδή 15 mm βροχής αντί για 7 mm. Αντίθετα, το 2^ο και 3^ο δεκαήμερο του Μαρτίου, οι βροχές ήταν ελάχιστες δηλαδή 1-2 mm σε σχέση με τις τιμές της τελευταίας 25ετίας που έφταναν τα 6-7 mm.

Το 1^ο δεκαήμερο του Απριλίου, το ύψος της βροχόπτωσης ήταν σχεδόν στα ίδια επίπεδα με το ύψος βροχόπτωσης της τελευταίας 25ετίας, δηλαδή κυμαινόταν στα 5-6 mm. Το 2^ο δεκαήμερο του Απριλίου, οι βροχοπτώσεις ήταν

αυξημένες σε σχέση με την τελευταία 25ετία, δηλαδή 10 mm αντί για 5 mm, ενώ το 3^ο δεκαήμερο του Απριλίου δεν έβρεξε καθόλου στον πειραματικό αγρό.

Το 1^ο δεκαήμερο του Μαΐου δεν υπήρξαν καθόλου βροχοπτώσεις, ούτε το 2017 αλλά ούτε και την τελευταία 25ετία, ενώ το 2^ο δεκαήμερο του Μαΐου έβρεξε ελάχιστα σε σύγκριση με την τελευταία 25ετία, δηλαδή 1mm αντί για 19 mm. Το 3^ο δεκαήμερο του Μαΐου είχαμε αρκετά υψηλές τιμές βροχόπτωσης, δηλαδή περίπου 21 mm σε σχέση με την τελευταία 25ετία που όπως φαίνεται δεν έβρεξε καθόλου.

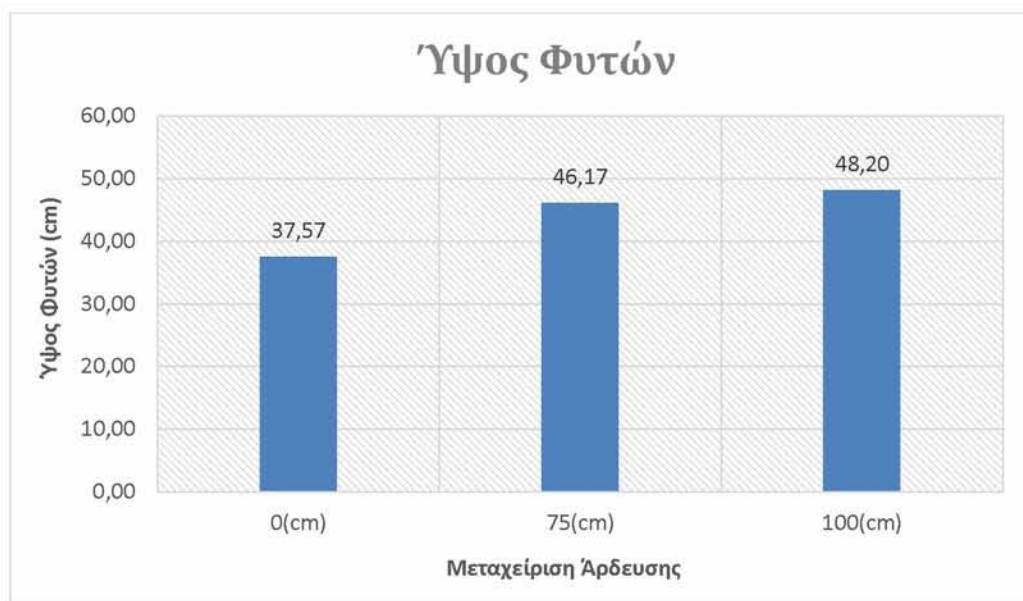
Το 1^ο δεκαήμερο του Ιουνίου οι τιμές της βροχόπτωσης κυμάνθηκαν γύρω στα 5 mm, ενώ αυξήθηκαν στο 2^ο δεκαήμερο, γύρω στα 13 mm. Αντίθετα, το τρίτο δεκαήμερο του Ιουνίου δεν καταγράφηκαν βροχές.

Όσον αφορά τις τιμές της θερμοκρασίας, τους μήνες Μάρτιο έως και Ιούνιο, κυμάνθηκαν από 10 °C έως 48 °C και γενικά παρατηρούμε ότι συμβαδίζουν με τις τιμές της τελευταίας 25ετίας. Εξαίρεση αποτελούν το τελευταίο δεκαήμερο του Μαΐου και το τελευταίο εικοσαήμερο του Ιουνίου όπου έχουμε χαμηλότερες τιμές σε σχέση με αυτές της τελευταίας 25ετίας.

3.2 Ποσοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας

3.2.1 Ύψος φυτών

Το ύψος των φυτών των τριών μεταχειρίσεων (0%, 75% και 100%) μετρήθηκε κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, η οποία πραγματοποιήθηκε στις 24 Μαΐου του 2017. Στο Σχήμα 2 παρουσιάζεται ο μέσος όρος του ύψους των φυτών για τις τρεις μεταχειρίσεις (0%, 75%, 100%).



Σχήμα 2: Μέσο ύψος φυτών για τις τρεις μεταχειρίσεις άρδευσης (0%, 75% και 100%).

Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 2 οι μεταχειρίσεις που δέχτηκαν τα μεγαλύτερα ποσά άρδευσης είχαν σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερο μέσο όρο ύψους των φυτών. Το μικρότερο μέσο ύψος εμφάνισε η μεταχείριση στην οποία δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση, ενώ το μεγαλύτερο μέσο ύψος εμφάνισε η μεταχείριση στην οποία εφαρμόστηκε το 100% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό.

Πιο αναλυτικά, στη μεταχείριση κατά την οποία δεν εφαρμόστηκε άρδευση, το ύψος των φυτών κυμαίνεται από 22 έως 55 cm, ενώ ο μέσος όρος του ύψους των φυτών είναι 37,57 cm.

Στη μεταχείριση κατά την οποία εφαρμόστηκε το 75% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, το ύψος των φυτών κυμαίνεται από 33 έως 64 cm, ενώ ο μέσος όρος του ύψους των φυτών είναι 46,17 cm.

Στη μεταχείριση κατά την οποία εφαρμόστηκε το 100% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, το ύψος των φυτών κυμαίνεται από 35 έως 63 cm, ενώ ο μέσος όρος του ύψους των φυτών είναι 48,20 cm.

Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα φυτά αντιδρούν θετικά στην εφαρμογή άρδευσης και η ανάπτυξή τους επηρεάζεται σημαντικά από αυτήν.

Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που αφορούν το ύψος των φυτών. Όπως παρατηρούμε, υπάρχει στατιστικά

σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης που δεν εφαρμόστηκε άρδευση με τις άλλες δύο μεταχειρίσεις (75% και 100%).

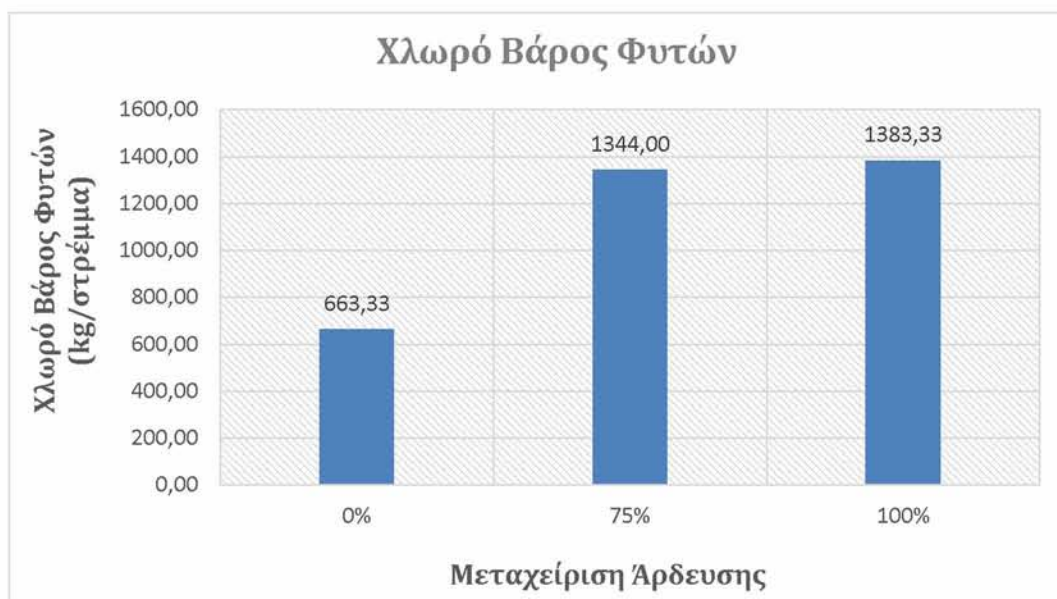
Επίσης δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων στις οποίες εφαρμόστηκε το 50% και 75% των αναγκών σε νερό, καθώς επίσης μεταξύ των μεταχειρίσεων που δέχτηκαν το 75% και 100% των αναγκών σε νερό.

Πίνακας 5: Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που αφορούν το ύψος των φυτών

ΠΗΓΗ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
Ποσοστό απαιτούμενης άρδευσης	0%	75%	0,03
		100%	0,000
	75%	100%	0,830

3.2.2 Χλωρό Βάρος Φυτών

Η μέτρηση του χλωρού βάρους των φυτών της κάθε μεταχείρισης έγινε αμέσως μετά τη συγκομιδή και έγινε αναγωγή των αποτελεσμάτων στο στρέμμα. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται ο μέσος όρος χλωρού βάρους ανά στρέμμα για τις τρεις μεταχειρίσεις άρδευσης (0%, 75% και 100%).



Σχήμα 3: Μέσος όρος χλωρού βάρους των φυτών για τις τρεις μεταχειρίσεις άρδευσης (0%, 75% και 100%).

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3, η μεταχείριση στην οποία δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση παρουσίασε το χαμηλότερο μέσο όρο χλωρού βάρους δηλαδή 663,33 kg/στρέμμα. Οι μεταχειρίσεις στις οποίες εφαρμόστηκε το 75% και 100% των αναγκών σε νερό, παρόλο που δεν διαφέρουν ουσιαστικά μεταξύ τους (1344 και 1383,33 kg/στρέμμα), παρουσιάζουν ένα κατά πολύ υψηλότερο μέσο όρο χλωρού βάρους σε σχέση με την ξηρική μεταχείριση.

Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι τα φυτά αντιδρούν θετικά στην εφαρμογή άρδευσης, όπως έγινε και με το ύψος των φυτών.

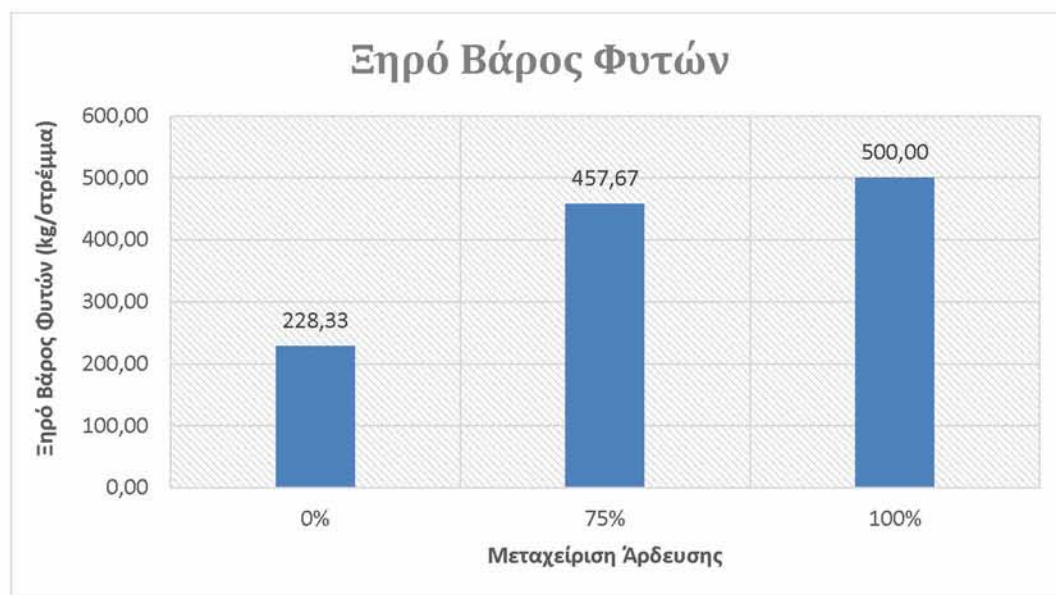
Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6, δεν υπάρχει σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στις μεταχειρίσεις 75% και 100%. Αντίθετα, παρατηρείται σημαντική στατιστική διαφορά ανάμεσα στις μεταχειρίσεις που δέχτηκαν ποσά άρδευσης ίσα με το 75% και 100% των αναγκών της καλλιέργειας και την μεταχείριση στην οποία δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση.

Πίνακας 6: Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που αφορούν το χλωρό βάρος των φυτών

ΠΗΓΗ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
Ποσοστό απαιτούμενης άρδευσης	0%	75%	0,01
		100%	0,01
	75%	100%	0,982

3.2.3 Ξηρό Βάρος Φυτών

Η μέτρηση του ξηρού βάρους των φυτών της κάθε μεταχείρισης έγινε περίπου δύο βδομάδες μετά τη συγκομιδή, αφού τα φυτά είχαν αποκτήσει το επιθυμητό πρασινοκίτρινο χρώμα. Στο Σχήμα 4 παρουσιάζεται ο μέσος όρος του ξηρού βάρους των τριών μεταχειρίσεων (0%, 75% και 100%), αφού πρώτα έχει γίνει η αναγωγή τους στο στρέμμα.



Σχήμα 4: Μέσος όρος ξηρού βάρους των φυτών για τις τρεις μεταχειρίσεις άρδευσης (0%, 75% και 100%).

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4, το ύψος των φυτών στις μεταχειρίσεις που αρδεύονται είναι σχεδόν διπλάσιο σε σχέση με το ύψος των φυτών στην ξηρική μεταχείριση. Πιο συγκεκριμένα, ο μέσος όρος του ύψους των φυτών στη μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε άρδευση είναι 228,33 kg/στρέμμα, ενώ στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε το 75% και 100% των αναγκών σε νερό, ο μέσος όρος των υψών ήταν σχεδόν διπλάσιος, δηλαδή 457,67 και 500 kg/στρέμμα αντίστοιχα.

Όπως και με το χλωρό βάρος, συμπεραίνουμε ότι και το ξηρό βάρος επηρεάζεται θετικά από την άρδευση, έχοντας τις υψηλότερες αποδόσεις στη μεταχείριση που εφαρμόστηκε το 100% των αναγκών σε νερό και τις χαμηλότερες αποδόσεις στην μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση.

Στον Πίνακα 7, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που αφορούν τις αποδόσεις σε ξηρό βάρος της καλλιέργειας σε σχέση με τις μεταχειρίσεις άρδευσης που εφαρμόστηκαν. Συμπεραίνουμε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεταχείρισης που δεν εφαρμόστηκε άρδευση, με όλες τις άλλες μεταχειρίσεις. Αντίθετα, δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά, μεταξύ των μεταχειρίσεων που εφαρμόστηκε το 75% και 100% των αναγκών σε νερό.

Πίνακας 7: Αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που αφορούν το ξηρό βάρος των φυτών

ΠΗΓΗ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ	ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ
Ποσοστό απαιτούμενης άρδευσης	0%	75%	0,00
		100%	0,00
	75%	100%	0,453

3.3 Ποιοτικά Χαρακτηριστικά της καλλιέργειας

Όσον αφορά τις ολικές φαινόλες, παρατηρώντας τον Πίνακα 8 βλέπουμε ότι τις χαμηλότερες τιμές έχει η μεταχείριση που εφαρμόστηκε το 100% των αναγκών σε νερό και ακολουθεί η μεταχείριση στην οποία δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση (0%). Αρκετά υψηλές τιμές ολικών φαινολών εμφάνισε η μεταχείριση που εφαρμόστηκε το 75% των αναγκών σε νερό, ενώ παρατηρώντας τα συνολικά αποτελέσματα του πειράματος στον Πίνακα 9, Παραρτήματα Πινάκων, τις υψηλότερες τιμές είχαμε στην μεταχείριση που εφαρμόστηκε το 50% των αναγκών σε νερό.

Αναφορικά με την αντιοξειδωτική ικανότητα των φυτών, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 8, τις χαμηλότερες τιμές εμφάνισε η μεταχείριση που εφαρμόστηκε το 100% των αναγκών σε νερό και ακολούθησε η μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση (0%). Υψηλές τιμές εμφάνισε η μεταχείριση στην οποία εφαρμόστηκε το 75% των αναγκών σε νερό, ενώ παρατηρώντας τα συνολικά αποτελέσματα του πειράματος στον Πίνακα 9, Παραρτήματα Πινάκων, τις υψηλότερες τιμές είχε η μεταχείριση στην οποία εφαρμόστηκε το 50% των αναγκών σε νερό. Δεδομένου ότι η συγκεκριμένη πτυχιακή αφορά μόνο τις τρεις από τις τέσσερις μεταχειρίσεις, και συγκρίνοντας τις διαφορές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά αυτών των μεταχειρίσεων, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τις υψηλότερες αποδόσεις σε ποιοτικά χαρακτηριστικά έδωσε η μεταχείριση που εφαρμόστηκε το 75% των αναγκών σε νερό.

Πίνακας 8: Μέσος όρος από Ολικές Φαινόλες (TP) και Αντιοξειδωτική Ικανότητα (FRAP) των τριών επαναλήψεων των τριών μεταχειρίσεων της καλλιέργειας.

Δείγματα	TP mg(GAE)/3gDW	μmol Frap /3gDW
0%	29,09	157,9
75%	34,78	176,4
100%	24,56	109,5

Οι παρατηρήσεις αυτές έχουν πολύ ενδιαφέρον καθώς συμπεραίνουμε ότι για ποιοτικά υψηλές αποδόσεις δεν είναι ανάγκη να έχουμε και αυξημένη κατανάλωση νερού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ενός ευρύτερου πειράματος, που σκοπό είχε να ερευνήσει τη δυνατότητα καλλιέργειας του φυτού “Τσάι του Βουνού” σε χαμηλότερα υψόμετρα από ότι συνήθως φυτεύεται, αλλά και την ανταπόκρισή του στις διαφορετικές δόσεις άρδευσης σε ότι αφορά τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του.

Ο πειραματικός αγρός με υψόμετρο 70 μέτρα περίπου από την επιφάνεια της θάλασσας, στον οποίο έγινε η φύτευση και καλλιέργειά του, βρίσκεται στην περιοχή του Βελεσίνου, στον Θεσσαλικό κάμπο, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με την αρχή που είχαν οι παραδοσιακοί καλλιεργητές του για το υψόμετρο.

Μελετήθηκαν και συγκρίθηκαν τρεις μεταχειρίσεις άρδευσης (0%, 75% και 100%) κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο του φυτού “Τσάι του Βουνού”, ως προς τα ποσοτικά (ύψος, χλωρό-ξηρό βάρος) και ποιοτικά (ολικές φαινόλες κι αντιοξειδωτική ικανότητα) χαρακτηριστικά. Με το πέρας της παρούσας διατριβής βγήκαν τα εξής συμπεράσματα:

Το “τσάι του Βουνού” μπορεί κάλλιστα να καλλιεργηθεί σε χαμηλότερα υψόμετρα, δίνοντας ικανοποιητική παραγωγή, αρκεί να εφαρμόζεται άρδευση. Οι αποδόσεις τόσο σε χλωρό όσο και σε ξηρό βάρος ήταν αρκετά αυξημένες σε σχέση με τις μέγιστες αναμενόμενες αποδόσεις της καλλιέργειας, κάτι που μπορεί να οφείλεται όχι μόνο στην άρδευση, αλλά και στο ότι η καλλιέργεια βρισκόταν στην τρίτη καλλιεργητική περίοδο (μέγιστη απόδοση παραγωγής 3^ο με 4^ο έτος καλλιέργειας).

Σαν καλλιέργεια δεν έχει ιδιαίτερες καλλιεργητικές απαιτήσεις, καθώς όπως αποδείχθηκε, ακόμη και χωρίς την εφαρμογή λιπάσματος, οι αποδόσεις ήταν αρκετά υψηλές. Σημαντικό είναι ότι δεν χρειάστηκε να γίνει κανένας ψεκασμός είτε φυτοπροστατευτικός είτε για την καταπολέμηση εντόμων. Αντίθετα, παρουσιάζεται δυσκολία στην αντιμετώπιση των ζιζανίων, ειδικά στις πρώτες καλλιεργητικές περιόδους, αφού δεν έγινε καμία επέμβαση ζιζανιοκτονίας. Βέβαια, κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο παρατηρήθηκε μείωση του ποσοστού ζιζανίων, καθώς η πυκνότητα της καλλιέργειας αυξήθηκε, μειώνοντας έτσι το χώρο ανάπτυξης ζιζανίων.

Ως μέθοδο άρδευσης επιλέχθηκε η στάγδην άρδευση, καθώς θεωρείται η καλύτερη μέθοδος εξοικονόμησης νερού, ενώ ταυτόχρονα ο βαθμός απόδοσής της μπορεί να φτάσει το 90% σε σχέση με τις άλλες μεθόδους. Χαρακτηρίζεται από μικρές αλλά συχνές δόσεις άρδευσης, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα να διατηρείται η υγρασία του εδάφους σταθερή, στο βέλτιστο επίπεδο. Τέλος, η συγκεκριμένη μέθοδος άρδευσης έπαιξε σημαντικό ρόλο στον έλεγχο των ζιζανίων, καθώς το νερό διοχετεύεται ακριβώς πάνω στο ενεργό ριζόστρωμα των φυτών, χωρίς να διαβρέχει όλη την επιφάνεια του εδάφους, περιορίζοντας έτσι την ανάπτυξη των ζιζανίων.

Όσον αφορά τις αποδόσεις σε ύψος, χλωρό και ξηρό βάρος των φυτών, παρατηρούμε ότι αυτές αυξάνονται με την αύξηση της άρδευσης, έχοντας τις υψηλότερες τιμές στις μεταχειρίσεις που εφαρμόστηκε το 75% και 100% των αναγκών σε νερό, ενώ τις χαμηλότερες τιμές στη μεταχείριση που δεν αρδεύτηκε καθόλου.

Μετά από στατιστικές αναλύσεις αποδείχθηκε ότι όσον αφορά τα ποσοτικά χαρακτηριστικά, δηλαδή τις αποδόσεις σε ύψος, χλωρό και ξηρό βάρος, οι μεταχειρίσεις 75% και 100% δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, που σημαίνει ότι τα φυτά δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους.

Αναφορικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυτών παρατηρούμε ότι την υψηλότερη τιμή είχε η μεταχείριση που εφαρμόστηκε το 75% της απαιτούμενης άρδευσης, ενώ τις χαμηλότερες τιμές εμφάνισαν αρχικά η μεταχείριση που εφαρμόστηκε το 100% των αναγκών σε νερό και ακολούθησε η μεταχείριση που δεν εφαρμόστηκε καθόλου άρδευση.

Αντίστοιχα, όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, δηλαδή τις αποδόσεις των φυτών σε ολικές φαινόλες και αντιοξειδωτική ικανότητα, οι μεταχειρίσεις 0% και 100% δεν είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, που σημαίνει ότι η ποιότητα στα φυτά δε διέφερε σημαντικά μεταξύ τους.

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι από τις τρεις μεταχειρίσεις, η βέλτιστη δόση άρδευσης είναι αυτή που καλύπτει το 75% των αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, καθώς όχι μόνο έχει υψηλές αποδόσεις σε ύψος, χλωρό και ξηρό βάρος αλλά έχει και τα καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Έτσι, εφαρμόζοντας ελλειμματική άρδευση, μπορούμε να έχουμε τα βέλτιστα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά σε

συνδυασμό με την καλύτερη εξοικονόμηση νερού, κάτι που είναι πολύ σημαντικό ειδικά σε ελλειμματικές περιοχές όπως η Θεσσαλία.

Ξένη Βιβλιογραφία

- Aligiannis, N., Kalpoutzakis, E., Chinou, I. B., Mitakou, S., Gikas, E., and Tsarbopoulos, A. (2001). Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils of Five Taxa of *Sideritis* from Greece. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 811–815.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome, Italy.
- Armata, M., Gabrieli, C., Termentzi, A., Zervou, M., and Kokkalou, E. (2008). Constituents of *Sideritis syriaca* ssp. *syriaca* (Lamiaceae) and their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 111, 179-186.
- Aslan, İ., Kiliç, T., Gören, A.C. and Topçu, G. (2006). Toxicity of acetone extract of *Sideritis trojana* and 7-epicandiciol, 7-epicandiciol diacetate and 18-acetylsideroxol against stored pests *Acanthoscelides obtectus* (Say), *Sitophilus granaries* (L.) and *Ephestia kuehniella* (Zell.). *Industrial Crops and Products*, 23, 171-176.
- Baden, C. (1991). *Sideritis* L. in: *Mountain flora of Greece*. Strid A. and Tan K (Eds.), Edinburgh University Press, Edinburgh, UK. pp. 84-91.
- Baderschneider, B., Luthria, D., Waterhouse, A.L., Winterhalter, P. (2015). Antioxidants in white wine (cv. Riesling): I. Comparison of different testing methods for antioxidant activity. *VITIS-Journal of Grapevine Research*, 38(3), 127-131
- Barber, J. C., Francisco-Ortega, J., Santos-Guerra, A., Turner, K. G., and Jansen, R. K. (2002). Origin of Macaronesian *Sideritis* L. (Lamiales: Lamiaceae) inferred from nuclear and chloroplast sequence datasets. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 23(3), 293–306.
- Basile, A., Senatore, F., Gargano, R., Sorbo, S., Del Pezzo, M., Lavitola, A., and Vuotto, M. L. (2006). Antibacterial and antioxidant activities in *Sideritis italica* (Miller) Greuter et Burdet essential oils. *Journal of Ethnopharmacology*, 107(2), 240–248.
- Benzie I.F., Strain J.J., 1999, Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and

modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods in enzymology*, (299), 15-27.

- Charami, M., Lazari, D., Karioti, A., Skaltsa, H., Hadjipavlou-Litina, D., and Souleles, C. (2008). Antioxidant and antiinflammatory activities of *Sideritis perfoliata* subsp. *perfoliata* (Lamiaceae). *Phytotherapy Research*, 22, 450-454.
- Demo A., C. Petrakis, P. Kefalas, and Dimitrios Boskou. 1998. Nutrient antioxidants in some herbs and Mediterranean plant leaves. *Food Research International*, Vol. 31, No. 5, pp. 351-354.
- Elgallal, M., Fletcher, L., and Evans, B. (2016). Assessment of potential risks associated with chemicals in wastewater used for irrigation in arid and semiarid zones: A review. *Agricultural Water Management*, 177, 419-431.
- Evstatieva, L., and Koleva, I. (2000). Cultivation of *Sideritis scardica* Griseb. Proceedings of the first conference on medicinal and aromatic plants of south eastern. *European Countries*. pp. 189-195.
- Fereres, E., and Soriano, M.A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, volume 58, issue 2: pp. 147-159.
- Ezer N., R. Vila, S. Canigueral and T. Adzet. 1996. Essential oil composition of four Turkish species of *Sideritis*. *Phytochemistry* , Vol. 41, No 1 pp. 203-205.
- Floca , Voyadjis , Iconomou. 1981. Etude chimique de *Sideritis scardica*. University de Thessaloniki.
- Fraga, B.M. (2012). Phytochemistry and chemotaxonomy of *Sideritis* species from the Mediterranean region. *Phytochemistry*, 76, 7-24.
- Fraga, B.M., Hernández, M.G., Fernández, C., and Santana, J.M. (2009). A chemotaxonomic study of nine Canarian *Sideritis* species. *Phytochemistry*, 70, 1038–1048.
- Francisco A., B. Tomas, M. Rejdali, J. Harborne, and V. Heywood. 1988. External and vacuolar flavonoids from Ibero-north African *Sideritis*

species. A chemosystematic approach. *Phytochemistry* . Vol. 27, No. 1. pp. 165-170.

- Fokialakis N., Kalpoutzakis E., Tekwani B.L., Khan S.I., Kobaisy M., Skaltsounis A.L., Duke O., 2007. Evaluation of the antimalarial and antileishmanial activity of plants from the Greek island of Crete, *J. Nat. Med.*, 61, 38–45.
- Gabrieli, C.N., Kefalas, P.G., and Kokkalou, E.L. (2005). Antioxidant activity of flavonoids from *Sideritis raeseri*. *Journal of Ethnopharmacology*, 96, 423–428.
- Galati, E., Germano, M., Rossitto, A., Tzakou, O., Skaltsa, H., and Roussis, V. (1996). Essential oil of *Sideritis raeseri* Boiss. et Heldr. ssp. *raeseri*. *Journal of Essential Oil Research*, 8, 303-304.
- Gergis V., Spiliotis V., and Poulos C. (1990). Antimicrobial activity of essential oils from greek *Sideritis* species. *Pharmazie*, 45(1), 70-71.
- Goliaris, A., and Roupakias, D. (1997). Yield performance of interspecific F1 hybrids of the Greek mountain tea, *Sideritis* spp. L. *Plant Breeding*, 116, 493-497.
- Gómez-Serranillos, M. P., El-Naggar, T., Villar, A. M., and Carretero, M. E. (2004). Analysis and retention behaviour in high-performance liquid chromatography of terpenic plant constituents (*Sideritis* spp.) with pharmacological interest. *Journal of Chromatography B*, 812(1), 379–383.
- González-Burgos, E., Carretero, M. E., and Gómez-Serranillos, M. P. (2011). *Sideritis* spp.: uses, chemical composition and pharmacological activities - A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 135(2), 209–225.
- Goulas, V., Exarchou, V., Kanetis, L., and Gerothanassis, I. P. (2014). Evaluation of the phytochemical content, antioxidant activity and antimicrobial properties of mountain tea (*Sideritis syriaca*) decoction. *Journal of Functional Foods*, 6, 248–258.
- Gurr, C. G. 1962. Use of gamma rays in measuring water content and permeability in unsaturated columns of soil. *Soil Sci.* 94:224-229.
- Heim, K., Tagliaferro, A.R., and Bobilya, D.J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry*, (13), 572-584.

- Howell, T.A. (2001). Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal*, 93, pp. 281–289.
- Howell, T.A. (2006). Challenges in increasing water use efficiency in irrigated agriculture. In: *Proceedings of the Int. Symp. on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture*, University of Cukurova, 4–8 April 2006, Adana, pp. 53–63.
- Hunsaker D. J., French A. W., Bautista E. M., Thorp K. R., Waller P. M., Royer P. D., Andrade-Sanchez P., and Heun J. (2010). Spatial estimation of crop evapotranspiration, soil properties, and infiltrated water for scheduling cotton surface irrigations. ASABE, 5th National Decennial Irrigation Conference Proceedings, 5-8 December 2010.
- Janeska, B., Stefova, M., and Alipieva, K. (2007). Assay of flavonoid aglycones from the species of genus *Sideritis* (Lamiaceae) from Macedonia with HPLC-UV DAD. *Acta Pharmaceutica* (Zagreb, Croatia), 57(3), 371–377.
- Katerji, N., Mastrorilli, M., and Rana, G. (2008). Water Use Efficiency of Crops Cultivated in the Mediterranean Region: Review and Analysis. *European Journal of Agronomy*, 28, 493–507.
- Kirda, C. (2002). Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit Irrigation Practice. *Water Rep.* 22. FAO, Rome, pp. 3–10.
- Knörle, R. (2012). Extracts of *Sideritis scardica* as triple monoamine reuptake inhibitors. *Journal of Neural Transmission* (Vienna, Austria: 1996), 119(12), 1477–1482.
- Koedam, A. (1986). Volatile oil composition of Greek mountain tea (*Sideritis* spp.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 36, 681–684.
- Kostadinova, E., Alipieva, K., Stefova, M., Antonova, D., Evstatieva, L., Stefkov, G., Tsvetkova, I., Naydenski, H., and Bankova, V. (2008). Influence of cultivation on the chemical composition and antimicrobial activity of *Sideritis* spp. *Pharmacognosy Magazine*, 4(14), 102.
- Laer U., K Glombitza, and M. Neugebauer. 1996. The Essential Oil of *Sideritis syriaca*. *Planta Med.* 62.

- LaRue, J. L., (2011). Variable rate irrigation 2010 field results for center plains conference. Proceedings of the 23rd Annual Central Plains Irrigation Conference, Burlington, CO., February 22-23.
- Linardaki, Z. I., Vasilopoulou, C. G., Constantinou, C., Iatrou, G., Lamari, F. N., and Margarity, M. (2011). Differential antioxidant effects of consuming tea from *Sideritis clandestina* subsp. *peloponnesiaca* on cerebral regions of adult mice. *Journal of Medicinal Food*, 14(9), 1060–1064.
- Loğoğlu, E., Arslan, S., Oktmer, A., and Sakōyan, I. (2006). Biological activities of some natural compounds from *Sideritis sipylea* Boiss. *Phytotherapy Research: PTR*, 20(4), 294–297.
- Luquet, D., Vidal, A., Smith, M., and Dauzat, J. (2005). More crop per drop: how to make it acceptable for farmers? *Agricultural Water Management*, 73, 108–119.
- Monteith, J.L. (1993). The exchange of water and carbon by crops in a Mediterranean climate. *Irrigation Science*, 14, 85–91.
- Oliver, M. (2013). An overview of Precision Agriculture at Oliver M., Bishop Th., Marchant B. (Eds) *Precision Agriculture for Sustainability and Environmental Protection* Routledge, USA: 3-12.
- Ozcan U, Yilmaz E, Ozcan L, Furuhashi M, Vaillancourt E, Smith RO, Görgün CZ, Hotamisligil GS. (2006). Chemical chaperones reduce ER stress and restore glucose homeostasis in a mouse model of type 2 diabetes.
- Papageorgiou, V., Kokkini, S. and Argyriadou, N. (1982). Chemotaxonomy of the Greek species of *Sideritis* L. Components of the volatile fraction of *Sideritis raeseri* ssp. *raeseri*. In: Aromatic plants. Nikos Margaris, Arthur Koedam, Despina Vokou (eds.). *World Crops: Production, Utilization, and Description*, 7, 211-220.
- Pereira, L.S., Allen, R.G., Smith, M., and Raes, D. (2015). Crop evapotranspiration estimation with FAO 56: past and future. *Agricultural Water Management*, 147, 4–20.
- Petreska Stanoeva, J., Stefova, M., Stefkov, G., Kulevanova, S., Alipieva, K., Bankova, V., Aneva, I., and Evstatieva, L. N. (2015). Chemotaxonomic

contribution to the *Sideritis* species dilemma on the Balkans. *Biochemical Systematics and Ecology*, 61, 477-487

- Piozzi, F., Bruno, M., Rosselli, S., and Maggio, A. (2006). The diterpenoids from the genus *Sideritis*. *Studies in Natural Products Chemistry*, 33, 493–540.
- Plioukas, M., Termentzi, A., Gabrieli C., Zervou, M., Kefalas, P. and Kokkalou, E. (2010). Novel acylflavones from *Sideritis syriaca* ssp. *syriaca*. *Food Chemistry*, 123, 1136-1141.
- Pljevljakušić, D., Šavikin, K., Janković, T., Zdunić, G., Ristić, M., Godjevac, D., and Konić-Ristić, A. (2011). Chemical properties of the cultivated *Sideritis raeseri* Boiss. and Heldr. subsp. *raeseri*. *Food Chemistry*, 124, 226-233.
- Postel, S.L. (2000). Entering an era of water scarcity: the challenges ahead. *Ecological Applications*, 10(4), 941–948.
- Rana, G., and Katerji, N. (2000). Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: A review. *European Journal of Agronomy*, 13, 125–153.
- Sarropoulou, V. and Maloupa, E. (2015). Effect of Exogenous Dikegulac on In Vitro Shoot Proliferation of *Sideritis raeseri* L. – Greek Mountain Tea Species. *Agriculture & Forestry*, 61 (4), 153-159.
- Schulz, H., Ozkan, G., Baranska, M., Kruger, H., and Ozcan M. (2005). Characterisation of essential oil plants from Turkey by IR and Raman spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 39, 249–256.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic - phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Smith, R.J., and Raine, S.R. (2000). A prescriptive future for precision and spatially varied irrigation. *Nat. Conf. Irrigation Association of Australia*, 22-25 May, Melbourne.
- Stathis, D., 2015. *Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα*, Αθήνα.
- Stathis, D., and Mavromatis, T., 2009. Characteristics of precipitation in thessaloniki area, North Greece.
- Titel Kein, (2003), Informationen über die Pflanze *Sideritis*,

- Todorova, M., and Trendafilova, A. (2014). *Sideritis scardica* Griseb., an endemic species of Balkan peninsula: Traditional uses, cultivation, chemical composition, biological activity. *Journal of Ethnopharmacol*, 152 (2), 256-265.
- Tomas-Barberan, F.A., Wollenweber, E. (1990). Flavonoid aglycons from the leaf surfaces of some Labiatae species. *Plant Systematics and Evolution*, 173, 109–118.
- Tsaknis, J., and Lalas, S. (2005). Extraction and Identification of Natural Antioxidant from *Sideritis euboea* (Mountain Tea). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 6375-6381.
- Tunalier, Z., Kosar, M., Ozturk, N., Baser, K. H. C., Duman, H., and Kirimer, N. (2004). Antioxidant Properties and Phenolic Composition of *Sideritis* species. *Chemistry of Natural Compounds*, 40(3), 206–210.
- Turker U., Erdem T., Tagarakis A., Fountas S., Mitev G., Akdemir B. and Gemtos T.A. (2011). A Feasibility Study of Variable Rate Irrigation in Black Sea Area: Water and Energy Saving from the Application. *Journal of Information Technology in Agriculture*. Vol(1), pp. 1-8.
- Uğur, A., Varol, Ö., and Ceylan, Ö. (2005). Antibacterial Activity of *Sideritis curvidens* and *Sideritis lanata* from Turkey. *Pharmaceutical Biology*, 43(1), 47–52.
- Vasilopoulou, C.G., Kontogianni, V.G., Linardaki, Z.I., Iatrou, G., Lamari F.N., Nerantzaki, A.A., Gerothanassis, I.P., Tzakos, A.G., and Margarity, M. (2013). Phytochemical composition of “mountain tea” from *Sideritis clandestina* subsp. *clandestina* and evaluation of its behavioral and oxidant/antioxidant effects on adult mice. *European Journal of Nutrition*, 52, 107-116.
- Vasileios Giouvanis, Konstantinos Siafis, Christos Papanikolaou, Dimitrios Dimakas, Maria Sakellariou-Makrantonaki, (2018) EFFECTS OF DIFFERENT IRRIGATION LEVELS IN CULTIVATION OF "MOUNTAIN TEA", International Conference ‘Insights on the Water-Energy-Food Nexus, Nikiana, Lefkada Island, Greece.
- Vasileios A. Giouvanis, Christos D. Papanikolaou, Dimitrios S. Dimakas, Maria A. Sakellariou-Makrantonaki, (2018) Deficit Drip Irrigation in

Organic Cultivation of Aromatic Plant, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering Vol:12, No:5

- Giouvanis V., Sklavounos K., Avlogiaris I., Papanikolaou C., Wogiatzi E. And Sakellariou – Makrantonaki M., (2017). Full and deficit irrigation of “Mountain Tea” plant, at low altitude (first growing season), 15th International Conference on Environmental Science and Technology.
- Villar a., J. Esplugues, and M. J. Alcaraz. 1990. Isolation of an Antiflammatory Compound from *Sideritis mugronensis*. *Planta Medica* 39.

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Γκέργκης Β., Ν. Αργυριαδη-Γιαννοβίτς, Κ. Πούλος. 1990. Εκχυλιση μα υγρό διοξείδιο του άνθρακα και Freon-11 του φυτού *Sideritis Labiate* (Τσάι του Βουνού) με σκοπό τη μελέτη του αρωματός του. 2^ο Συνέδριο Χημείας Ελλάδος- Κύπρου.
2. Γκόλιαρης, Α. (1984). Το Τσάι του βουνού, από αυτοφυές τώρα στην καλλιέργεια. Υπουργείο Γεωργίας " Τα Αγροτικά" Τεύχος 16: 29-31.
3. Γκόλιαρης, Α. (1995). *Γενετική μελέτη στο ελληνικό τσάι του βουνού*. Επιστ. Επετ. Παραρτ. 3, Τόμος 30. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
4. Κατσιώτης, Σ.Θ. και Χατζοπούλου Π.Σ. (2016). *Αρωματικά φαρμακευτικά φυτά και αιθέρια έλαια Παραγωγή, επεξεργασία, μεταποίηση, αξιοποίηση, διεθνείς αγορές, αρωματοθεραπεία, αρωματοποιία*. Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
5. Κουτσογιάννης, Δ., Ξανθόπουλος, Θ., 1999. *Τεχνική Υδρολογία*. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, Αθήνα.
6. Μαλούπα, Ε., Γρηγοριάδου, Κ., Λάζαρη, Δ., και Κρίγκας, Ν. (2013). *Καλλιέργεια, μεταποίηση και διασφάλιση ποιότητας των ελληνικών αρωματικών-φαρμακευτικών φυτών*. Καβάλα: Γ. Λουπέλης.
7. Μήτσιος, Ι., Τούλιος, Μ., Χαρούλης, Α., Γάτσιος, Φ. και Φλωράς, Σ. (2000). *Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός Χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου*. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα.

8. Παναγιώτου Λ., 2016. Πειραματική διερεύνηση ανάπτυξης του φυτού “τσάι του βουνού” με την εφαρμογή άρδευσης (1η καλλιεργητική περίοδος). Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
9. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ. (1984). *Αρχές και Πρακτική των Αρδεύσεων*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
10. Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ. (1999). *Οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών*. Εκδόσεις ΖΗΤΗ. Θεσσαλονίκη.
11. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ. (2004). *Σημειώσεις Αρδεύσεων*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
12. Τερζίδης, Γ.Α. και Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ. (1997). *Γεωργική Υδραυλική*. Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
13. Τσακίρης, Γ. (1995). *Υδατικοί Πόροι: Τεχνική Υδρολογία*. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
14. Φουντάς Σπ. και Γέμτος Θ., (2015). *Γεωργία Ακριβείας*. Εκδόσεις Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, ΣΕΑΒ, Αθήνα.

VI. Παραρτήματα

Πίνακας 1: Τα συστατικά % των αιθερίων ελαίων των δύο ειδών του Γένους *Sideritis*.

Συστατικό	<i>S. clandestina</i>	<i>S. raeseri</i>
Τρικυκλένιο (Tricyclene)	δ.α	0,05
α-θουγένιο (α-Thujene)	0,13	0,15
α-πινένιο (α-Pimene)	12,16	16,50
Καμφένιο (Camphene)	Ίχνη	0,05
Ισοβουτυλοβενζένιο (Isobutylbenzene)	δ.α	0,08
Σαβινένιο (Sabinene)	1,68	Ίχνη
2-μεθυλο-2-επτεν-6-όνη (2-Methyl-2-hepten-6-on)	0,17	0,11
β-πινένιο (b-Pinene)	11,92	20,61
Μυρκένιο (Myrcene)	0,23	0,33
α-φελλανδρένιο (α-Phellendrene)	Ίχνη	0,45
α-Τερπινένιο (α-terpinene)	1,13	0,90
Π-κυμένιο (p-cymene)	0,34	3,37
β-φελλανδρένιο (b-phellendrene)	1,19	0,25
Λιμονένιο (Limonene)	7,29	6,73
cis-β-ωκιμένιο (cis-b-ocimene)	0,08	0,20
γ-τερπινένιο (γ-terpinene)	3,18	0,45
6-μέθυλο-3,5-επταδιέν-2-όνη (6-methyl-3,5-heptadien-2-ol)	0,21	0,31
Λινανοόλη (Linanool)	0,11	1,68
cis-ένυδρο σαβινένιο (cis-Sabinene hydrate)	Ίχνη	0,90
Σαβινόλη (Sabinol)	0,34	2,13
trans-πινοκαρβεόλη (trans-Pinocarveol)	δ.α	0,55
Πινοκαρβόνη (Pinocarvone)	0,17	1,00
Βορνεόλη (Borneol)	Ίχνη	0,28
Ναφθαλένιο (Naphthalene)	0,78	0,18
Τερπινέν-4-όλη (Terpinen-4-ol)	2,78	0,25

Μυρτενάλη (Myrtenal)	Ίχνη	3,49
α-τερπινεόλη (α-terpineol)	Ίχνη	0,30
Καρβόνη (Carbone)	δ.α	0,71
Bornyl acetate	0,38	0,21
α-κοπαένιο (α-Copaene)	0,13	Ίχνη
β-ελεμένιο (β-Elemene)	0,28	δ.α
Damascenone	Ίχνη	0,13
β-κοπαένιο (β-Copaene)	13,49	0,80
β-bourhonene	1,39	Ίχνη
β-Καρυοφυλλένιο (β-Caryophyllene)	9,07	6,52
allo-aromadendrene	0,43	0,15
α-Hurnulene	0,43	9,91
Germacrene-D	0,38	5,52
β-Bisaholene	1,38	0,28
α-Muurolene	0,38	Ίχνη
β-ιονόνη (β-Ionone)	0,11	0,09
γ-καδινένιο (γ-Cadinene)	0,51	Ίχνη
Calamenene	4,61	3,70
δ-καδινένιο (δ-Cadinene)	11,49	1,30
Calactirene	3,80	2,13
Λεδόλη (Ledol)	0,79	2,21
α-καδινόλη (α-Cadinol)	3,68	3,55

δ.α: δεν ανιχνεύτηκε

Πίνακας 2: Τιμές δεδομένων που απαιτούνται για τον υπολογισμό της θεωρητικής δόσης και του εύρους άρδευσης

ΜΗΝΑΣ	FC (%κ.ο.)	PWP (%κ.ο.)	RD (m)	C	P	ETd (mm)
ΜΑΡΤΙΟΣ	32,68	18,50	0,30	0,45	1	1.62
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	32,68	18,50	0,30	0,45	1	3.05
ΜΑΙΟΣ	32,68	18,50	0,30	0,45	1	3.61
ΙΟΥΝΙΟΣ	32,68	18,50	0,35	0,45	1	4.82
ΙΟΥΛΙΟΣ	32,68	18,50	0,35	0,45	1	5.35
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	32,68	18,50	0,35	0,45	1	4.72

Πίνακας 3: Υπολογισμός της θεωρητικής δόσης, του εύρους και της διάρκειας άρδευσης

ΜΗΝΑΣ	Διαθέσιμη υγρασία $ASM = \frac{FC - PWP}{100} \times RD$ (mm ή m ³ /στρ.)	Θεωρητική δόση άρδευσης $Dn = \frac{ASM \times C \times P}{Ed}$ (mm ή m ³ /στρ.)	Ωριαίο ύψος βροχής $Dh = \frac{q \times n}{St \times Sr}$ (mm/h)	Διάρκεια άρδευσης $t = \frac{Dn}{Dh}$ (h)	Εύρος άρδευσης $D = \frac{Dn}{ETd}$, (ημέρες)
ΜΑΡΤΙΟΣ	42,54	20,15	16	1h 16'	≈12
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	42,54	20,15	16	1h 16'	≈7
ΜΑΙΟΣ	42,54	20,15	16	1h 16'	≈6
ΙΟΥΝΙΟΣ	49,63	23,50	16	1h 28'	≈5
ΙΟΥΛΙΟΣ	49,63	23,50	16	1h 28'	≈5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	49,63	23,50	16	1h 28'	≈5

Πίνακας 4: Πρόγραμμα άρδευσης 2016 Τσαϊ. FAO-56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

Ημερομηνία	Εο mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή ΩΒ=0,8*B 0,8*(5) mm	kc	Εξαιμ/πνοή Καθα Καλλιέργεια ρές In=ETc - ανάγκες ΩΒ (ETc=Eo*Kc) (4)*(7)- (6)	Σταλάττες ανά φυτό n=S/2*Sc	Οριακό ύψος βροχής Idh= (q*n)/(S*Sc) mm/h	Διάρκεια άρδευσης 100% It= Ida(100%) /Idh	Σταγόνια 50cm 100%	Σταγόνια 50cm 75%	Σταγόνια 50cm 50%	
24/3/2017	3,46	0,0	0	0,95	3,29		1	16	0,00			
25/3/2017	3,59	0,0	0	0,95	3,41		1	16	0,00			
26/3/2017	3,60	0,0	0	0,95	3,42		1	16	0,00			
27/3/2017	0,81	1	0,8	0,95	-0,03	10,12	1	16	0,63	0h 37'	0h 28'	0h 18'
28/3/2017	2,58	0	0	0,95	2,45		1	16	0,00			
29/3/2017	3,22	0,0	0	0,95	3,06		1	16	0,00			
30/3/2017	3,21	0,0	0	0,95	3,05		1	16	0,00			
31/3/2017	2,80	0,0	0	0,95	2,66		1	16	0,00			
1/4/2017	3,24	0,0	0	0,95	3,08		1	16	0,00			
2/4/2017	3,48	0,0	0	0,95	3,31		1	16	0,00			
3/4/2017	1,31	0,2	0,16	0,95	1,08	17,57	1	16	1,10	1h 06'	0h 50'	0h 33'
4/4/2017	2,86	0,0	0	0,95	2,72		1	16	0,00			
5/4/2017	2,43	5,2	4,16	0,95	-1,85		1	16	0,00			
6/4/2017	2,95	0,00	0	0,95	2,80		1	16	0,00			
7/4/2017	2,66	6,60	5,28	0,95	-2,75		1	16	0,00			
8/4/2017	2,97	0,2	0,16	0,95	2,66		1	16	0,00			
9/4/2017	3,28	0,00	0	0,95	3,12		1	16	0,00			
10/4/2017	3,38	0,00	0	0,95	3,21	7,78	1	16	0,49	0h 30'	0h 23'	0h 15'
11/4/2017	3,53	1,60	1,28	0,95	2,07		1	16	0,00			
12/4/2017	3,62	0,00	0	0,95	3,44		1	16	0,00			
13/4/2017	3,53	0,0	0	0,95	3,35		1	16	0,00			
14/4/2017	3,98	0,0	0	0,95	3,78		1	16	0,00			
15/4/2017	4,16	0,00	0	0,95	3,95		1	16	0,00			
16/4/2017	3,37	0,00	0	0,95	3,20		1	16	0,00			
17/4/2017	0,74	19,20	15,36	0,95	-14,66	23,01	1	16	1,44	1h 27'	1h 08'	0h 45'
18/4/2017	3,60	0,00	0	0,95	3,42		1	16	0,00			
19/4/2017	4,18	0,00	0	0,95	3,97		1	16	0,00			
20/4/2017	4,93	0,00	0	0,95	4,68		1	16	0,00			
21/4/2017	3,98	0,00	0	0,95	3,78		1	16	0,00			
22/4/2017	4,29	0,00	0	0,95	4,08		1	16	0,00			
23/4/2017	3,76	0,00	0	0,95	3,57		1	16	0,00			
24/4/2017	4,17	0,00	0	0,95	3,96	8,85	1	16	0,55	0h 37'	0h 28'	0h 18'
25/4/2017	3,62	0,00	0	0,95	3,44		1	16	0,00			
26/4/2017	3,77	0,00	0	0,95	3,58		1	16	0,00			
27/4/2017	4,02	0,00	0	0,95	3,82		1	16	0,00			
28/4/2017	4,39	0,00	0	0,95	4,17		1	16	0,00			
29/4/2017	3,66	0,00	0	0,95	3,48		1	16	0,00			
30/4/2017	3,81	0,20	0,16	0,95	3,46		1	16	0,00			

Πίνακας 4: Πρόγραμμα άρδευσης 2016 Τσαϊ. FAO–56 Penman-Monteith (Allen et al., 1998), συνέχεια.

Ημερομηνία	Εο mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη	kc	Εξατμ/πνοή Καθα		Σταλάττες ανά φυτό $n=Sr/2*Se$	Ωριαίο ύψος βροχής $Idh=(q*n)/(Sr*Sr)$ mm/h	Διάρκεια	Σταγόνια 50cm 100%	Σταγόνια		Σταγόνια 50cm 50%
			βροχή		Καλλιέργεια	άρδευσης			75%				
			$\Omega B=0,8*B$		$\ln=ETc - ανάγκες$	100%							
			$0,8*(5)$ mm		ΩB ($ETc=Eo*Kc$ (4)*(7)- (6)	$Idh=$ (%)							
1/5/2017	3,71	0,00	0	0,95	3,52	25,91	1	16	1,62	1h 37'	1h 13'	0h 50'	
2/5/2017	4,29	0,00	0	0,95	4,08		1	16	0,00				
3/5/2017	4,40	0,00	0	0,95	4,18		1	16	0,00				
4/5/2017	4,47	0,00	0	0,95	4,25		1	16	0,00				
5/5/2017	5,46	0,00	0	0,95	5,19		1	16	0,00				
6/5/2017	5,46	0,00	0	0,95	5,19		1	16	0,00				
7/5/2017	5,49	0,00	0	0,95	5,22		1	16	0,00				
8/5/2017	5,53	0,00	0	0,95	5,25	31,62	1	16	1,98	1h 59'	1h 30'	1h 00'	
9/5/2017	3,89	0,00	0	0,95	3,70		1	16	0,00				
10/5/2017	3,25	0,20	0,16	0,95	2,93		1	16	0,00				
11/5/2017	3,13	0,00	0	0,95	2,97		1	16	0,00				
12/5/2017	3,70	0,00	0	0,95	3,52		1	16	0,00				
13/5/2017	5,14	0,00	0	0,95	4,88		1	16	0,00				
14/5/2017	6,04	0,00	0	0,95	5,74		1	16	0,00				
15/5/2017	4,68	0,00	0	0,95	4,45	28,99	1	16	1,81	1h 49'	1h 22'	0h 55'	
16/5/2017	1,11	0,00	0	0,95	1,05		1	16	0,00				
17/5/2017	1,77	0,20	0,16	0,95	1,52		1	16	0,00				
18/5/2017	0,94	2,40	1,92	0,95	-1,03		1	16	0,00				
19/5/2017	4,06	0,00	0	0,95	3,86		1	16	0,00				

Πίνακας 9: Ολικές Φαινόλες (TP) και Αντιοξειδωτική Ικανότητα (FRAP) των τριών επαναλήψεων των τεσσάρων μεταχειρίσεων της καλλιέργειας.

2017		
Δείγματα	TP mg(GAE)/3gDW	μmolFRAP /3gDW
A0	25.76	118.2
A0	25.95	107.4
A0	25.32	126.9
B0	26.96	130.8
B0	27.41	146.1
B0	26.84	144.6
Γ0	34.62	207.0
Γ0	34.18	225.6
Γ0	34.81	214.5
A50	33.29	174.9
A50	33.86	187.5
A50	33.16	198.6

B50	33.67	210.6
B50	34.49	233.4
B50	34.05	217.8
Γ50	46.46	306.3
Γ50	47.09	285.6
Γ50	46.20	275.7
A75	30.32	150.0
A75	31.01	166.8
A75	29.75	158.4
B75	33.16	172.5
B75	32.91	158.4
B75	34.18	183.6
Γ75	40.38	188.4
Γ75	41.14	210.9
Γ75	40.19	198.9
A100	18.04	94.8
A100	18.67	91.5
A100	17.41	86.1
B100	25.32	99.6
B100	25.19	114.0
B100	24.68	106.2
Γ100	31.71	142.5
Γ100	30.32	130.5
Γ100	29.75	120.6

Στατιστική Ανάλυση

ONEWAY IPSOS BY TREATMENTS

/STATISTICS DESCRIPTIVES

/PLOT MEANS

/MISSING ANALYSIS

/POSTHOC=TUKEY DUNCAN ALPHA(0.05) .

Oneway

[DataSet1] D:\User\Desktop\ΤΣΑΙ ΤΟΥ ΒΟΥΝΟΥ\ΤΣΑΙ 2017.sav

Descriptives

IPSOS

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1,00	30	37,5667	9,81443	1,79186	33,9019	41,2314	22,00	58,00
2,00	30	43,8000	9,43362	1,72233	40,2774	47,3226	27,00	61,00
3,00	30	46,1667	9,11642	1,66442	42,7625	49,5708	33,00	64,00
4,00	30	48,2000	8,61194	1,57232	44,9842	51,4158	35,00	63,00
Total	120	43,9333	9,97790	,91085	42,1298	45,7369	22,00	64,00

ANOVA

IPSOS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1912,333	3	637,444	7,443	,000
Within Groups	9935,133	116	85,648		

ANOVA

IPSOS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1912,333	3	637,444	7,443	,000
Within Groups	9935,133	116	85,648		
Total	11847,467	119			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: IPSOS

	(I) TREATMENTS	(J) TREATMENTS	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1,00	2,00	-6,23333*	2,38953	,050	-12,4620	-,0046
		3,00	-8,60000*	2,38953	,003	-14,8287	-2,3713
		4,00	-10,63333*	2,38953	,000	-16,8620	-4,4046
	2,00	1,00	6,23333*	2,38953	,050	,0046	12,4620
		3,00	-2,36667	2,38953	,755	-8,5954	3,8620
		4,00	-4,40000	2,38953	,259	-10,6287	1,8287
	3,00	1,00	8,60000*	2,38953	,003	2,3713	14,8287
		2,00	2,36667	2,38953	,755	-3,8620	8,5954
		4,00	-2,03333	2,38953	,830	-8,2620	4,1954
	4,00	1,00	10,63333*	2,38953	,000	4,4046	16,8620
		2,00	-4,36667	2,38953	,000	-10,7500	2,0167
		3,00	-6,40000	2,38953	,000	-12,7833	-,0167

2,00	4,40000	2,38953	,259	-1,8287	10,6287
3,00	2,03333	2,38953	,830	-4,1954	8,2620

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

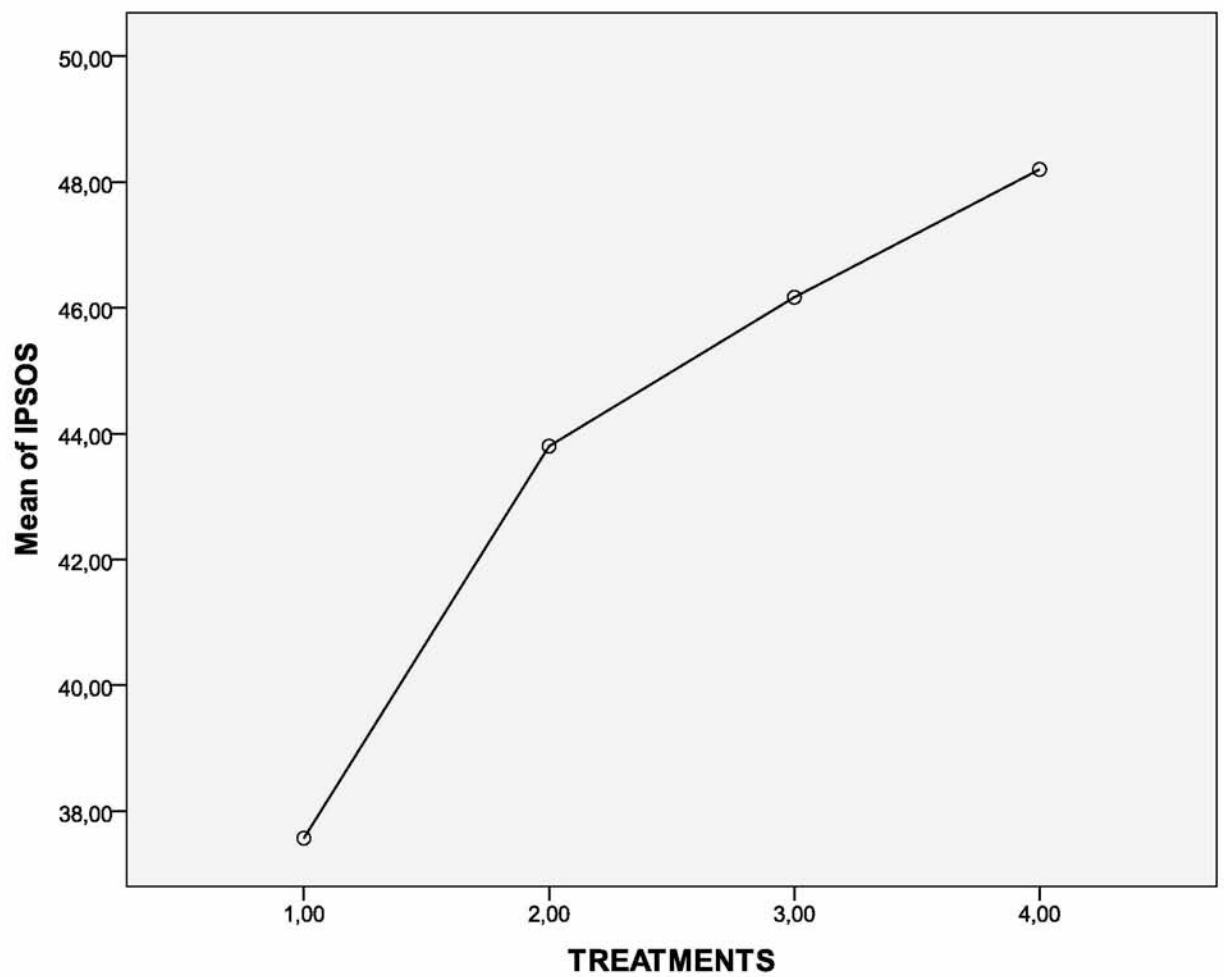
IPSOS

TREATMENTS		N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Tukey HSD ^a	1,00	30	37,5667	
	2,00	30		43,8000
	3,00	30		46,1667
	4,00	30		48,2000
	Sig.		1,000	,259
Duncan ^a	1,00	30	37,5667	
	2,00	30		43,8000
	3,00	30		46,1667
	4,00	30		48,2000
	Sig.		1,000	,084

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30,000.

Means Plots



```

ONEWAY XLORO KSIRO BY TREATMENTS2

/STATISTICS DESCRIPTIVES

/PLOT MEANS

/MISSING ANALYSIS

/POSTHOC=TUKEY DUNCAN ALPHA(0.05) .

```

Oneway

[DataSet1] D:\User\Desktop\TSAI TOY BOYNOY\TSAI 2017.sav

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
XLORO	1,00	3	663,3333	20,81666	12,01850	611,6219	715,0448	640,00	680,00
	2,00	3	1006,6667	37,85939	21,85813	912,6187	1100,7146	980,00	1050,00
	3,00	3	1344,0000	249,37522	143,97685	724,5176	1963,4824	1172,00	1630,00
	4,00	3	1383,3333	65,06407	37,56476	1221,7052	1544,9614	1320,00	1450,00
	Total	12	1099,3333	323,92180	93,50817	893,5232	1305,1434	640,00	1630,00
KSIRO	1,00	3	228,3333	7,63763	4,40959	209,3604	247,3062	220,00	235,00
	2,00	3	400,0000	26,45751	15,27525	334,2759	465,7241	380,00	430,00
	3,00	3	457,6667	39,39966	22,74741	359,7925	555,5409	424,00	501,00

4,00	3	500,0000	46,35731	26,76440	384,8421	615,1579	448,00	537,00
Total	12	396,5000	111,66386	32,23458	325,5522	467,4478	220,00	537,00

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
XLORO	Between Groups	1017602,667	3	339200,889	19,869	,000
	Within Groups	136576,000	8	17072,000		
	Total	1154178,667	11			
KSIRO	Between Groups	128237,667	3	42745,889	38,340	,000
	Within Groups	8919,333	8	1114,917		
	Total	137157,000	11			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I)	(J)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
	TREATMENTS	TREATMENTS						
	2	2						
XLORO	Tukey	1,00	2,00	-343,33333*	106,6833	,049	-684,9709	-1,6958
	HSD		3,00	-680,66667*	106,6833	,001	-1022,3042	-339,0291
			4,00	-720,00000*	106,6833	,001	-1061,6376	-378,3624

		2,00	1,00	343,33333*	106,68333	,049	1,6958	684,9709	
			3,00	-337,33333	106,68333	,053	-678,9709	4,3042	
			4,00	-376,66667*	106,68333	,032	-718,3042	-35,0291	
		3,00	1,00	680,66667*	106,68333	,001	339,0291	1022,3042	
			2,00	337,33333	106,68333	,053	-4,3042	678,9709	
			4,00	-39,33333	106,68333	,982	-380,9709	302,3042	
		4,00	1,00	720,00000*	106,68333	,001	378,3624	1061,6376	
			2,00	376,66667*	106,68333	,032	35,0291	718,3042	
			3,00	39,33333	106,68333	,982	-302,3042	380,9709	
	KSIRO	Tukey	1,00	2,00	-171,66667*	27,26312	,001	-258,9728	-84,3606
				3,00	-229,33333*	27,26312	,000	-316,6394	-142,0272
				4,00	-271,66667*	27,26312	,000	-358,9728	-184,3606
HSD		2,00	1,00	171,66667*	27,26312	,001	84,3606	258,9728	
			3,00	-57,66667	27,26312	,227	-144,9728	29,6394	
			4,00	-100,00000*	27,26312	,026	-187,3061	-12,6939	
		3,00	1,00	229,33333*	27,26312	,000	142,0272	316,6394	
			2,00	57,66667	27,26312	,227	-29,6394	144,9728	
			4,00	-42,33333	27,26312	,453	-129,6394	44,9728	
	4,00	1,00	271,66667*	27,26312	,000	184,3606	358,9728		
		2,00	100,00000*	27,26312	,026	12,6939	187,3061		
		3,00	42,33333	27,26312	,453	-44,9728	129,6394		

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Homogeneous Subsets

XLORO

TREATMENTS2		N	Subset for alpha = 0.05		
			1	2	3
Tukey HSD ^a	1,00	3	663,3333		
	2,00	3		1006,6667	
	3,00	3		1344,0000	1344,0000
	4,00	3			1383,3333
	Sig.		1,000	,053	,982
Duncan ^a	1,00	3	663,3333		
	2,00	3		1006,6667	
	3,00	3			1344,0000
	4,00	3			1383,3333
	Sig.		1,000	1,000	,722

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Means Plots

